

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Vjekoslav Vrbljanin

Zagreb, listopad 2016.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Voditelj rada:

Izv.prof. dr. sc. Aleksandar Sušić

Vjekoslav Vrbljanin

0035170141

DMEDKON-1

Zagreb, listopad 2016.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno, svojim znanjem te uz pomoć navedene literature.

Zahvala:

Zahvaljujem se svojem mentoru, profesoru dr. sc. Aleksandru Sušiću na svim savjetima, pomoći i razumijevanju.

Sadržaj:

Sažetak	7
1. UVOD	8
1.1 Analiza tržišta opreme za zaštitu glave i vrata te odlike postojećih rješenja.....	9
1.2 HANS uređaj.....	9
1.3 Hutchens uređaj	16
1.4 Ovratnici za zaštitu glave i vrata u motosportu.	18
1.5 Rezultat analize tržišta	20
2. ANATOMIJA I FIZIOLOGIJA GLAVE I VRATA	21
2.1 Anatomija i biomehanika glave i vrata ljudskog tijela	21
2.2 Mehanizmi koji dovode do ozlijeda vratne kralježnice.	24
2.3 Tolerancije ljudskog vrata naspram ozljedama.	26
2.4 Posljedice koje nastaju pri ozljedama vratne kralježnice	28
3. UTVRĐIVANJE KONSTRUKCIJSKIH I FUNKCIONALNIH ZAHTJEVA	31
3.1 Konstrukcijski zahtjevi:	32
3.2 Funkcionalni zahtjevi:.....	32
3.3 Funkcijska analiza.....	32
3.4 Morfološka matrica.....	34
4. RAZRADA KONCEPTA	38
4.1 Koncept 1:.....	38
4.2 Koncept 2	41
5. ZAKLJUČAK.....	46
Literatura	48

Popis slika:

Slika 1. HANS uređaj	9
Slika 2. Dr. Rober Hubbard i Jim Downing	10
Slika 3. Testiranje HANS uređaja	11
Slika 4. Andy Priaulx u tijeku stavljanja HANS uređaja, Prvak u WTCC-u 2005. 2006. i 2007. godine	12
Slika 5. NASCAR vozač Ken Schrader kako nosi HANS uređaj	13
Slika 6. (1) HANS uređaj (2) Remen (3) Pričvršćenje za kacigu vozača (4) Oslonac za ramena	14
Slika 7. Funkcija HANS uređaja	15
Slika 8. Hutchens uređaj	16
Slika 9. Hutchens Hybrid model	17
Slika 10. Hutchens Hybrid Pro model	17
Slika 11. Ovratnik za automobilističke utrke	18
Slika 12. Motocross ovratnik i funkcija	18
Slika 13. Ovratnik za zaštitu od ozljeda vrata	19
Slika 14. Ovratnici kao zračni jastuci u aktiviranom stanju i neaktiviranom	19
Slika 15. Prikaz vratnih kralježaka u ljudskom tijelu	21
Slika 16. Bočni prikaz vratnih kralježaka	22
Slika 17. Vrste gibanja glave i vrata	23
Slika 18. Osi gibanja kralježaka	24
Slika 19. Prikaz nekih vrsta ozljeda vratne kralježnice	25
Slika 20. Vlačno-fleksijska vrsta ozlijede	26
Slika 21. Tlačno-ekstenzijska vrsta ozlijede	26
Slika 22. CT prikaz bazilarnog loma lubanje	28
Slika 23. Kost lubanje koji mogu biti uključeni u bazilarni lom lubanje	28
Slika 24. Rentgen slika whiplasha. Prikazuje nestanak normalne lordoze unutar vratne kralježnice.	29

Slika 25. Faze whiplasha	29
Slika 26. Funkcijska struktura	33
Slika 27. Koncept 1 projekcija izometrije	38
Slika 28. Koncept 1 projekcija nacrtu	39
Slika 29. Sistem remena predviđen za pričvršćivanje na vozača koncepta 1	40
Slika 30. Koncept 2 projekcija nacrtu	41
Slika 31. Komponenta za pričvršćivanje na vozača koncepta 2	42
Slika 32. Komponenta nižeg dijela vrata, oznaka 3	43
Slika 33. Srednja komponenta, oznaka 2	43
Slika 34. Gornja komponenta, oznaka 1	44
Slika 35. Prikaz spoja kacige i komponente 1 u presjeku	45

Popis tablica:

Tablica 1. Raspon gibanja dobiven iz različitih biomehaničkih istraživanja	23
Tablica 2. Morfološka matrica.	36

Popis oznaka i mjernih jedinica fizikalnih veličina:

φ Kut zakreta, deg



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:
procesno-energetski, konstrukcijski, brodstrojarski i inženjersko modeliranje i računalne simulacije

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **VJEKOSLAV VRBLJANIN**

Mat. br.: **0035170141**

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Analiza kritičnih parametara kretnji glave i vrata za konstruiranje zaštitne opreme**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Critical parameters analysis of head and neck movement for the design of protective equipment**

Opis zadatka:

U okviru rada je potrebno provesti analizu sa ciljem utvrđivanja kritičnih parametara i značajki neophodnih za smanjivanje neželjenog utjecaja na glavu i vrat. Rizičnom skupinom smatraju se vozači bicikla, motocikla, skutera i drugi, no moguće je u obzir uzeti i druge, odnosno sve gdje su glava i vrat u opasnosti od ozljeda. Naravno, razlike među skupinama postoje, pa je u radu potrebno izlučiti jednu od njih, za koju se može predložiti i prijedlog konstrukcije.

U radu je potrebno:

- Provesti analizu tržišta te prikazati najznačajnije odlike postojećih rješenja;
- Prikazati neka od rješenja dostupnih na tržištu, uz osvrt na prednosti i nedostatke;
- Analizom utvrditi sve kritične uvjete, veličine i dostupne informacije o zaštiti glave i vrata;
- Definirati konstrukcijske i funkcionalne zahtjeve, ograničenja i željene značajke zaštite za glavu i vrat za odabranu skupinu korisnika;
- Utvrditi zahtjeve odnosno kriterije za moguća poboljšanja ili novo konstrukcijsko rješenje.

Opseg analize i izrade dokumentacije dogovoriti tijekom izrade rada. Svu dokumentaciju izraditi pomoću računala. U radu navesti korištenu literaturu, kao i eventualnu pomoć.

Zadatak zadan:

29. rujna 2016.

Rok predaje rada:

1. prosinca 2016.

Predviđeni datumi obrane:

7., 8. i 9. prosinca 2016.

Zadatak zadao:

Sušić

Izv.prof.dr.sc. Aleksandar Sušić

Predsjednica Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Tanja Jurčević Lulić

UZ. Jurčević

Sažetak

Cilj ovog diplomskog rada je provesti analizu radi utvrđivanja kritičnih parametara i značajki kako bi uklonili neželjeni utjecaj na vrat i glavu. Grupu koju smo ustanovili kao rizičnu su vozači motocikla. Na temelju provedene analize predlaže se koncept odnosno smjernice oblikovanja mogućeg budućeg uređaja za zaštitu glave i vrata.

Provođenjem analize tržišta dobiva se uvid u trenutno stanje proizvoda koji se odnose na zaštitu glave i vrata. Iz cijele analize tržišta se vidi da iako postoje razni uređaji za zaštitu glave i vrata vozača motocikla, nijedno rješenje nije popularno i efektivno kao što je to HANS uređaj u automobilizmu. Zaključujemo poglavlje s time da postoji mogućnost koncipiranja uređaja za zaštitu glave i vrata koji bi imao efektivnost zaštite i popularnost među motociklistima kao što to ima HANS uređaj, a ujedno bi eliminirao većinu nedostataka koje imaju današnji proizvodi za zaštitu glave i vrata vozača motocikla.

Analiza koja uzima u obzir anatomiju, fiziologiju i biomehaniku glave i vrata neophodna je radi stjecanja kompleksnosti krenji glave i vrata. Na osnovi već provedenih istraživanja možemo utvrditi najviše amplitude neophodne za daljnje korake. Razmatranjem mehanizama ozlijeda vratne kralježnice uočavamo vrste mogućih naprezanja koji djeluju na vratnu kralježnicu. Ovakva istraživanja omogućavaju nam uvid u preporučene granične vrijednosti kao podloga za daljnji tijek uvrđivanja zahtjeva.

Na temelju dosada rečenog utvrđeni su konstrukcijski i funkcijski zahtjevi za ovakav zaštitni mehanizam.

Konstrukcijski zahtjevi su: Neometena sloboda gibanja glave tijekom nošenja uređaja; Jednostavan način postavljanja uređaja; Minimizirati moguće ozlijede drugih dijelova tijela vozača tijekom nesreće; Optimalno prigušenje svih mogućih naprezanja koje mogu dovesti do ozlijede glave i vrata; Prilagoditi uređaj što većem broju korisnika sa različitim opsezima tijela; Težiti što je moguće nižoj masi uređaja

Funkcionalni zahtjevi su: Maksimalni kut pri ekstenziji: 60°; Maksimalni kut pri fleksiji: 60°; Maksimalni kut pri rotaciji: 65°; Maksimalni kut pri bočnom savijanju: 70°; Maksimalni fleksijski zakretni moment: 50 Nm; Maksimalni zakretni moment pri bočnom savijanju: 40 Nm

Na temelju provedene analize morfološke matrice odabiremo rješenja za moguće koncepte. Razradom koncepta se predstavlja rješenje uređaja koji zadovoljava sve zadane funkcijske i konstrukcijske zahtjeve. Koncepte dijelimo na njihove glavne komponente i time dodatno opisujemo način na koji postizemo zadane zahtjeve za uređaj zaštite glave i vrata vozača.

1. UVOD

Tema ovog rada je analiza kritičnih parametara kretanja glave i vrata za konstruiranje zaštitne opreme. Glava i vrat ljudskog tijela su od iznimne važnosti za održavanje normalnog funkcioniranja ljudskog organizma. Zbog te važnosti potrebno je osigurati što veću sigurnost tih dijelova tijela u slučaju nekih vanjskih fizičkih učinaka koji bi mogli izazvati traume u okolnostima koje donose sa sobom rizik gdje takve ozlijede mogu nastati. Većina ljudi ima neku vrstu fizičkog sporta kojim se voli baviti, i većina takvih fizičkih aktivnosti može dovesti do ozlijeda. Jedna vrsta sporta pri kojoj su česte ozlijede glave i vrata je motosport, zbog kretanja pri velikim brzinama, silama koje djeluju na tijelom i s time rizikom od ozlijeda. Najveći doprinos motosporta kao sporta široj javnosti je razvoj i primjena novih tehnologija. Sve tehnologije koje koristimo u današnjem automobilskom prijevozu su u nekom trenutku bile dio motosporta, bilo to kao tehnologija koja nam omogućuje brže ili efikasnije voziti ili tehnologije koje su nam omogućile da povećamo sigurnost kada koristimo prijevoz. U zadnjih dvadesetak godina je motosport uložio resurse kako bi osigurao što veću sigurnost ljudi koji se bave takvim potencijalno opasnim sportovima.

1.1 Analiza tržišta opreme za zaštitu glave i vrata te odlike postojećih rješenja.

Postoji puno različitih proizvoda čija je funkcija zaštite glave i vrata osobe od različitih ozlijeđa. Jedan od najznačajnijih vrsta izvedba zaštite glave i vrata je HANS uređaj. Taj proizvod najprošireniji u motorsportu i dokazao se kao jedno od najboljih rješenja za sprežavanje ozlijeđe glave i vrata koje mogu nastati tijekom nesreća.

1.2 HANS uređaj



Slika 1. HANS uređaj [2]

Dr. Robert Hubbard profesor biomehaničkog strojarstva na Michigan State sveučilištu je 1980-ih godina započeo koncept HANS uređaja, nakon što je Patrick Jacquemart poginu u nesreći, testirajući vozilo za IMSA-u (International Motor Sports Association). Patrick Jacquemart je bio prijatelj dr. Hubbard-ovog šurjaka Jim Downing-a. Nesreća se dogodila na Mid-Ohio stazi, tako da je vozilo Renault le Car frontalno pogodilo nasip. Vozačev torso je bio osiguran sigurnosnim pojasevima ali glava nije i od sile udarca vozila došlo je do basilarnog loma lubanje, ili frakture temeljnog dijela lubanje. Jim Downing je poznao okolnosti i način na koji je došlo do smrti vozača i konzultirao se sa dr. Hubbardom kako bi se moglo izbjeći takve ozlijeđe u budućnosti. Česti uzrok smrti vozača tada su bili iznenadni pomaci glave, gdje ostatak tijela je pričvršćen za sjedalo putem sigurnosnih pojaseva. Takva situacija gdje tijelo nije u pomaku ali inercija udara rezultira snažnim pomakom glave prema naprijed uzrokuje bazilarni lom lubanje, koji dovodi do ozbiljnih ozlijeđa ili smrti. Takvim razmišljanjem se došlo do ideje kako bi bilo

potrebno osigurati glavu vozača kako nebi došlo do rastezanja vrata, što je u suštini prilično jednostavan koncept funkcije uređaja.

Mnogo različitih vozača je tijekom godina smrtno stradala zbog bazilarnog loma lubanje. Neki od primjera su vozači Formule 1, Roland Ratzenberger i Ayrton Senna 1994. godine na velikoj nagradi San Marina. Scott Brayton, Bill Vukovich i Tony Bettenhausen, vozači u Indy 500. Nascar vozači Adam Petty, Tony Roper; Kenny Irwin, Jr.; Terry Schoonover, Grant Adcox, Neil Bonnett, John Nemechek, Dale Earnhardt, J. D. McDuffie i Clifford Allison, još mnogi drugi iz različitih vrsta motosporta. Potrebno je napomenuti da iako je rezultat takve ozlijede obično smrt osobe, neki vozači su uspjeli preživjeti bazilarni lom lubanje kao npr. NASCAR vozač Ernie Irvan i F1 vozač Philippe Streiff.



Slika 2. Dr. Rober Hubbard i Jim Downing [1]

Dr. Hubbard je imao puno iskustva kao inženjer biomehanike nesreća koje je stekao u sigurnosnom programu General Motors-a. Osnovni koncept HANS uređaja je razvijen u sredini osamdesetih godina i prvi zahtjev za patent je predan 1985. godine. 1987. godine je izdan patent za HANS uređaj i uz pomoć države Michigan koja je dodijelila kapital za razvoj su proizvedeni prvi prototipi HANS uređaja. 1989. godine su provedeni prvi testovi u Wayne State Sveučilištu. Ta ispitivanja su bili među prvim testovima sa saonicama za sudare pri kojima se ispitivala sigurnosna oprema za motosport na crash-test lutkama. Potrebno je naglasiti da do 1990-tih godina nije bilo ozbiljnijih istraga pri nesrećama u motosportu i tek tada se počelo ozbiljnije istraživati kako i zbog čega dolazi do ozlijeda. Tek kada se sistematički počelo istraživati je došla prava brojka nesreća pri kojoj dolazi do smrti uslijede bazilarnog loma lubanje. Rezultati mjerenja su pokazali da HANS uređaj smanjuje energiju koja djeluje na vrat i glavu i to za 80%.

Paul Begeman koji istražuje ozlijede kralježnice je potvrdio kao i ostali eksperti da uređaj stvarno funkcionira efektivno i da ne postoji razlog zašto se nebi koristio. Većina

velikih tvrtki za sigurnosnu opremu su odbili proizvoditi tada razvijeni HANS uređaj pa su Dr. Hubbard i Jim Downing osnovali tvrtku Hubbard Downing Inc. 1990. godine. kako bi dalje razvijali, proizvodili, prodavali i promovirali HANS uređaj. Prvi primjerak HANS uređaja je prodan 1991. godine.



Slika 3. Testiranje HANS uređaja [2]

General Motors je započeo sigurnosni program u motosportu 1992. i biomehanički dio je vodio Dr. John Melvin. Testirao je tadašnji HANS uređaj i ostale sigurnosne mjere kao što je pojas sa 5 i 6 točaka spojeva. Počeo je provoditi osnovna istraživanja oko osiguranja vozača putem sigurnosnih pojaseva. General Motors je ujedno surađivao i sa CART momčadima uz Dr. Terry Trammel-a i Dr. Steve Olvey-om. Skupljali su podatke nesreća sa pisačima koji bi snimali podatke tijekom nesreće vozila kako bi ustanovili koliko su jaki udari nastajali prilikom nesreća. 1995. godine Ford osigurava kapital i nastavlja program koji je General Motors započeo prije. Dodatne informacije su se mogle početi sakupljati i to između različitih proizvođača vozila. [1]

Nažalost njihov proizvod nije bio popularan kao očekivano sve do 1994. godine kada su u utrci formule 1 Roland Ratzenberger i Ayrton Senna poginuli u nesreći. U tim godinama je Mercedes završavao svoja istraživanja o HANS uređaju u korist FIA-e za Formulu 1, gdje su rezultati bili u korist HANS uređaja umjesto Mercedesovog sistema zračnih jastuka.



Slika 4. Andy Priaulx u tijeku stavljanja HANS uređaja, Prvak u WTCC-u 2005. 2006. i 2007. godine [2]

Prije smrtnih nesreća vozača NASCAR-a Dale Earnharta 2001. godine, zatim Adam Pettya, Kenny Irwin Jr.-a i Tony Ropera, koji su svi imali nesreće unutar vremenskog razdoblja od 14 mjeseci i uzrok smrti je bio bazilarni lom lubanje, HANS i slični uređaji su se više tretirali kao neugodnosti i nepotrebne mjere zaštite. Neke primjedbe su bile da uređaj smeta dodir sigurnosnih pojaseva sa tijelom vozača, bilo je dodatnog straha kako uređaj sa sobom nosi više opasnosti nego bez. Jedna od poznatijih primjedbi je bila od vozača Dale Earnharta koji je HANS nazivao "omčom" i da će ga jednog dana zadaviti.

U motosportu prva organizacija koja je počela koristiti HANS uređaj je bila NHRA (National Hot Rod Association) 1996. godine nakon smrti vozača Top Fuel dragstera Blaine Johnson-a, ali nije bila obavezno koristiti sve do 2003. godine nakon što je Darnell Russel poginuo u nesreći, vozač koji je tek počeo karijeru u toj klasi. Nakon toga došlo je do promjene pravila i HANS uređaj je postao obavezan u svim kategorijama, bile one profesionalne ili amaterske, nedostatak se kažnjava obično diskvalifikacijom. Do 2005. godine NASCAR i NHRA je bilo odobrena uporaba uz HANS uređaj i uporaba Hutchens uređaja, o kojem ćemo u detalje nešto kasnije. NHRA ima dodatna pravila što se tiče konstrukcije HANS uređaja naspram organizacija CART, NASCAR i Formule 1.

NHRA verzija HANS uređaja mora biti omotana sa sedam slojeva Nomex tkanine, koja je ista tkanina koja se koristi i na kombinezonima, rukavicama i obući vozača, to je dodatna mjera koja služi kako bi se onemogućilo taljenje uređaja u slučaju požara.



Slika 5. NASCAR vozač Ken Schrader kako nosi HANS uređaj [2]

HANS uređaj je postao obavezan unutar Formule 1 2003. godine, nakon ekstenzivnog istraživanja koje je provodio Mercedes od 1996. do 1998. godine i pritom dijelio rezultate istraživanja ostalim podružnicama FIA-e. Koristeći te informacije organizacija CART je uvela obaveznu uporabu HANS uređaja 2001. godine prvo samo za ovalne staze a kasnije za sve vrste staza. Počevši od listopada 2001. godine organizacija NASCAR je uvela obaveznu uporabu HANS uređaja ili Hutchens uređaja, nakon 2005. godine uvedena je uporaba samo HANS uređaja. Organizacija ARCA (Automobile Racing Club of America) je slijedila sa uvođenjem pravila za obaveznim korištenjem HANS uređaja 2001. godine nakon fatalne nesreće Blaise Alexandra, čiji uzrok smrti je bio bazilarni lom lubanje. 2005. godine je i u WRC-u (World Rally Championship) i Australskoj V8 Supercar Seriji uvedena obavezna uporaba HANS uređaja.

Ono što je pripomoglo da se dobije odobrenje vozača je bila uporaba kvačica za brzo otpuštanje koje je razvila i implementirala Ashely Tilling. Te kvačice su omogućile vozaču brže spajanje i skidanje HANS uređaja sa sigurnosnom kacigom, slične kvačice je koristio i Hutchens uređaj. Danas sve veće organizacije u motosportu zahtijevaju uporabu neke vrste sigurnosnog sustava za glavu i vrat. FIA je od 2009. godine uvela obaveznu uporabu HANS uređaja za sve događaje koji se odvijaju na internacionalnoj razini. Čak i vozači monster truck serije koriste HANS uređaj na većini događaja

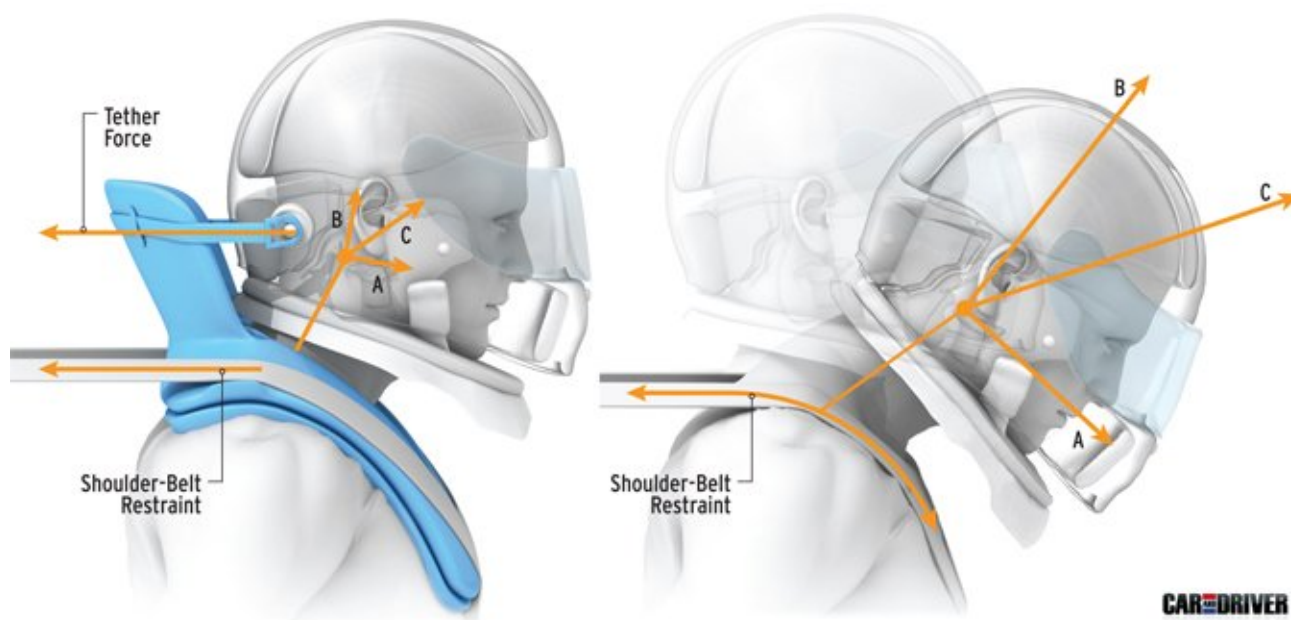
HANS uređaj oblikom izgleda kao slovo U, obično izrađen od ugljičnih vlakna. Jednostavno opisano uređaj je postavljen kao potkova oko vrata osobe, gdje zaobljeni dio stoji iza potiljka a dvije ruke se prostiru do prsnih mišića osobe. Za kacigu je pričvršćen putem dva remena, dok je oslonjen na ramenima. Potrebno je naglasiti da uređaj nije nikako drukčije trajno vezan za automobil ili osobu. Oblikom je tako konstruiran da kada osoba koristi natjecateljski sigurnosni remen, koji se obično sastoji od kombinacije pet ili šest remena koji fiksiraju osobu u vozilu, dva ramena koja prelaze preko ramena vozača direktno prelaze preko HANS uređaja.



Slika 6. (1) HANS uređaj (2) Remen (3) Pričvršćenje za kacigu vozača (4) Oslonac za ramena [2]

Način na koji se uređaj spaja sa tijelom vozača je bitna jer je potrebno da je osiguran u relativnosti sa tijelom osobe a ne sjedala vozila. Zadaća HANS uređaja je da onemogući prebrzo kretanje glave prilikom nesreće, dok u normalnim situacijama omogućuje slobodno kretanje glave. Zadaća HANS uređaja je da onemogući prebrzo kretanje glave naprijed ili nazad tijekom nesreće, u dodatnu zadaću da onemogući rotaciju glave koja bi rezultirala ozlijeđom, dok istodobno tijekom normalne vožnje nesmije ometati kretanje glave vozača. Drugim riječima HANS daje normalnu slobodu kretanja glave vozača ali ako dođe do nesreće onemogućava bilo kakvu kretanju glave koja bi dovela do ozlijeđe vrata ili glave. Prilikom nesreće tijelo vozača koje je osigurano sigurnosnim pojasevima prolazi kroz veliku negativnu akceleraciju koja je rezultat deakceleracije samog vozila. Ako pritom ne postoji sredstvo koje osigurava glavu i vrat, sve te sile direktno prelaze na glavu i posljedica toga su obično teške ozlijeđe ili invaliditet.

Kako bi se to spriječilo potrebni su uređaji kao HANS, iako postoje i drugi proizvodi ali HANS uređaj je jedinstven po tome što je pričvršćen relativno prema glavi i vratu. Prijenos sila se onda tako odvija da se sa glave prenosi na tijelo koje je jače i može podnijeti veće sile, dakle na prsa i ramena i sa njih na sigurnosni pojas. Taj slijed je bitan dio funkcije HANS uređaja i zbog toga je tako efektivan.



Slika 7. Funkcija HANS uređaja [2]

Potrebno je naglasiti da HANS uređaj nije jedini sistem sigurnosti za glavu i vrat vozača, ali se dokazao najefektivnijim i zato se koristi uglavnom na svim prigodama. Druga popularna opcija zaštite vrata i glave vozača je Hutchens uređaj, koji isto ima široku primjenu kao što smo vidjeli u tekstu prije.

1.3 Hutchens uređaj

Hutchens uređaj je drugi naprošireniji proizvod koji se koristi u motosportu za zaštitu glave i vrata vozača. No zbog načina na koji osigurava glavu vozača se nije uspio probiti na tržištu a glavna konkurencija mu je HANS uređaj.



Slika 8. Hutchens uređaj [3]

Najveća razlika između Hutchens uređaja i HANS uređaja je način na koji svladavaju prijenos sila sa tijela na glavu. Hutchens uređaj je primarno pričvršćen za tijelo vozača a ne kao HANS putem sigurnosnih pojaseva. Takva izvedba olakšava komfor, jer uređaj radi na način da je neovisan o sigurnosnim pojasevima vozila, no takva izvedba u nekim slučajevima može dovesti do ozlijeda prsa, prsnog koša i ramena, i zbog toga se pokazao kako nije toliko efektivan kao HANS uređaj. Postoji još dosta sličnih proizvoda koji prate princip Hutchens uređaja. To bi bili R3, Hutch-II, Hutchens Hybrid ili Hybrid X. Svi ti proizvodi imaju isti princip no razlikuju se u izvedbama dodirnih površina za kontakt sa tijelom vozača.

Hutchens Hybrid modeli su zadnji modeli proizvedeni na principu originalnog Hutchens uređaja. Za razliku od prijašnjih Hutchens uređaja Hybrid modeli prenose sile koje djeluju na glavu kroz različite smjerove, tako da se pričvrsti za vozača i preo sigurnosnih pojaseva koji prelaze preko ramena vozača. Jedna od jedinstvenih značajki Hybrid modela je da se može nositi kao vesta. Postoje tri puteva opterećenja. Isto kao i kod HANS uređaja postoji ploha na ramenima koja se spaja sa sigurnosnim pojasevima. Koncept Hutchens Hybrid modela je da samo taj pristup nije dovoljan. jer je potrebno kontrolirati rotaciju zbog sila koje mogu nastati a to se uspijeva putem pojaseva koji su na uređaju. Jedan pojas prolazi preko prsa a drugi oko struka. Takvom izvedbom se stabiliziraju frontalne sile i sile koje bi zakrenule uređaj oko vozačevog vrata. Jedna dodatna prednost je da vozač može brže izaći iz vozila u slučaju požara sa Hutchens uređajem. [3]



Slika 9. Hutchens Hybrid model [4]

To je zbog toga što Hutchens uređaj ne „lebdi“ na vozaču nego je pričvršćen za njega. Hutchens uređaji su primarno koncipirani kako bi se mogli koristiti u NASCAR motosport disciplinama i zbog toga se kroje prema uvjetima koje vozila NASCAR kategorija zahtjevaju. NASCAR vozila su vanjskog izgleda slični cestovnim automobilima ali za ulaz ili izlaz iz vozila je potrebno se prograti kroz bočni prozor vozila. Ulazi i izlaz otežavaju dodatno ukrutni kavez unutar vozila i sjedala vozača. Zbog tih uvjeta se pokazalo da visoki stražnji dio kao što ga ima HANS uređaj je nepogodan pri izlazu ili ulazu u vozilo. Zato Hutchens uređaj ima pričvršćenje remenja postavljeno niže u usporedbi sa HANS uređajem.



Slika 10. Hutchens Hybrid Pro model [5]

1.4 Ovratnici za zaštitu glave i vrata u motosportu.

Kao izvedbu sistema za zaštitu vrata i glave vozača koja bi se mogla opisati kao najjednostavnija bile bi standardni ovratnici koji se koriste u motosportu. Oni su izvedeni jako jednostavno sa velcro spajanjem. Oblikom su tako konstruirani da onemogućuju pomak glave koji bi doveo do ozlijede, ali su pritom jako neudobni i ograničavaju pomak glave. Osoba koja nosi takav ovratnik obično izgleda kao da nosi klasični medicinski ovratnik ili šanc i ima jako ograničenu slobodu kretanja glave. No zbog njihove jednostavnosti postoji široka uporaba ovakvih ovratnika za automobilističke utrke, pogotovo kod amaterskih utrka jer za nisku cijenu donose dodatni stupanj sigurnosti, pošto su HANS i Hutchens uređaji poprilično skuplji od ovakvih ovratnika.



Slika 11. Ovratnik za automobilističke utrke [6]

Svi primjeri koji su navedeni do sada se koriste uglavnom u automobilističkim kategorijama. Postoji dosta velika rupa u tržištu na području motociklističkih aktivnosti, jer utrke i vožnja motocikla zahtjeva pomake glave koji se događaju u automobilističkim utrkama. Postoji uglavnom samo jedna vrsta koja je stvarno postala popularna za uporabu i koristi se uglavnom u motocross utrkama. To je isto izvedba ovratnika koja onemogućuje pomak glave do te mjere da bi došlo do ozlijeđa, ali je konstruirana na takav način da ne ugrožava komfor pri vožnju.



Slika 12. Motocross ovratnik i funkcija [7]

Postoje i civilne izvedbe ali nije dobilo opću popularnos unutar scene vozača motocikla. To je uglavnom zbog kompliciranog načina stavljanja na vrat i uz to vozači ne vide svrhu u nošenju ovakvog protektora.



Slika 13. Ovratnik za zaštitu od ozlijeda vrata [8]

Kao što se vidi na slici 13. takvi ovratnici se moraju nositi preko zaštitne opreme i to se pokazalo prilično nepraktično u svakodnevnim uporabama i zato uglavnom nisu toliko popularni među motociklistima. U motociklističkim utrckama se iz sličnih razloga takvi proizvodi nisu probili kao nekakva opća sigurnosna mjera.

Pri kraju se mogu spomenuti još ovratnici koji se aktiviraju ako dođe do nesreće, na istom principu kako se aktiviraju zračni jastuci u automobilima prilikom nesreće, no u ovom slučaju aktivirani zračni jastuci formiraju ovratnik koji štiti vrat i glavu motociklista od kritičnih pomaka glave i vrata.



Slika 14. Ovratnici kao zračni jastuci u aktiviranom stanju i neaktiviranom.

Ovakva izvedba ovratnika sa sobom donosi nedostatke a prvi očiti je da uređaj ima jednokratnu uporabu, jer ako se jednom aktivira nemože se dovesti u stanje kako bi se opet mogao aktivirati u slučaju nesreće i slično kao kod klasičnih motociklističkih ovratnika potrebno je prsluk koji sadrži zračne jastuke nositi preko opreme kako bi se on mogao aktivirati. Još jedan dodatni nedostatak je utvrđivanje pravilnih parametara kada se uređaj mora aktivirati i da li je u stanju provesti tranziciju aktivacije u dovoljno brzom vremenu a da pritom ne nastanu ozlijede koje su prouzročene samom aktivacijom.

Nakon što smo prošli uređaje koji su zastupljeni na tržištu protektora glave i vrata možemo zaključiti da su HANS i Hutchens uređaj popularni toliko zbog njihove pouzdanosti da osiguraju glavu i vrat vozača prilikom nesreća. Pritom se kroz povijest HANS uređaj pokazao boljim, za sada. No u području motociklizma ne postoji uređaj koji je toliko proširen kao što je HANS među vozačima automobila. Tu se pokazuje prilika za koncipiranjem uređaja za zaštitu glave i vrata pri vožnji motocikla koji bi jednako dobro obavljao svoju funkciju pri nesreći kao što to ostvaruje HANS uređaj a po izvedbi je takav da ne ustručava komfort pri vožnji motocikla.

1.5 Rezultat analize tržišta

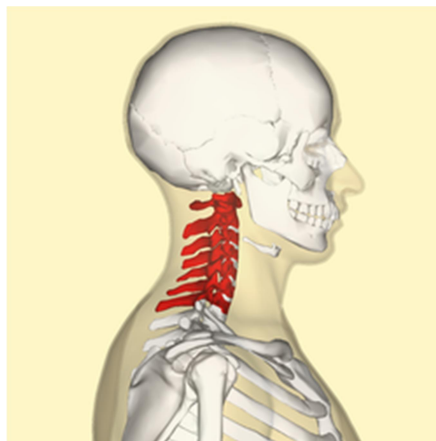
Zaključak cijele ove analize tržišta i trenutnog stanja uređaja za zaštitu glave i vrata je jako opširan. Obradujući HANS uređaj i Hutchens uređaj se dobije uvid kako osiguranje glave i vrata u odnosu na gornji trup uređaja može drastično povisiti sigurnost pri vožnji automobilom i spriječiti inače fatalne ozlijede koje nastaju prilikom nesreća. Svi obrađeni uređaji na kraju daju uvid u zajedničke nedostatke uređaja za zaštitu glave i vrata. Svi uređaji ako nemaju komplicirani način postavljanja na tijelo imaju manu da jako ustručavaju kretnju glave i vrata i time u oba slučaja nisu primjenjivi u svakodnevnom životu. Stanje trenutnog tržišta još jako očito pokazuje kako nema etabliranog uređaja namjenjenog vozačima motocikla a da koristi vrstu principa spajanja glave i sigurnosne kacige sa gornjim trupom tijela vozača. To nam daje priliku da iskoristimo rupu u tržištu i pokušamo razviti uređaj koji bi spojio sve prednosti HANS uređaja i Hutchens uređaja ali namjenjen za vozače motocikla ili općenito korisnike sigurnosnih kaciga namjenjenih pri korištenju nekakvog rizičnog transpornog sredstva.

2. ANATOMIJA I FIZIOLOGIJA GLAVE I VRATA

U ovom poglavlju razmatramo anatomiju ljudskog vrata i glave i njihovu biomehaniku. Time možemo procijeniti koji su to kritični uvjeti koji dovode do ozljeda pri nesrećama. Time dobivamo tolerancijske vrijednosti po kojima možemo zadati glavne uvijete koje potencijalni koncept mora zadovoljiti.

2.1 Anatomija i biomehanika glave i vrata ljudskog tijela

Dijelovi tijela kao što su glava i vrat se sastoje od sedam kralježaka i svojom kinetikom predstavljaju kompleksan sistem. Analizom individualnih zglobova se može indetificirati i opisati promjene u načinu njihove funkcije a istodobno se može analizirati krutost diska određenih zglobova. Regija ramena i vrata se sastoji od nekoliko kompleksnih rasporeda mišića i različitih vratnih zglobova koji pomiću i uravnotežuju glavu i vrat. Živci koji omogućuju svakodnevne aktivnosti kao disanje, vid, govor prolaze kroz vrat.

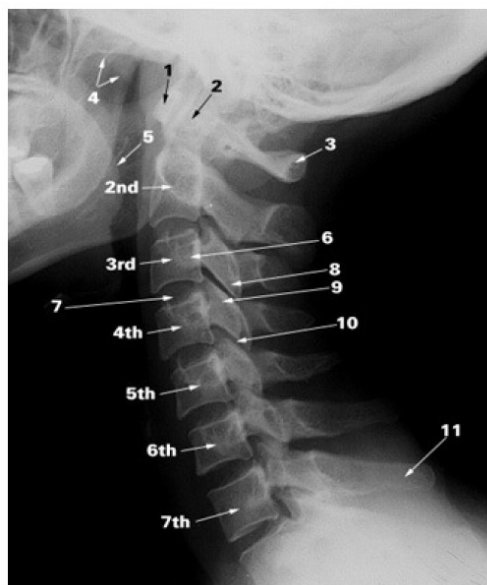


Slika 15. Prikaz vratnih kralježaka u ljudskom tijelu. [10]

Opsezi gibanja i osi rotacije za pojedine kralješke ljudskog tijela tokom ekstenzije, fleksije, rotacije lateralnog savijanja su istraživani u različitim studijama. Do nedavno se većina istraživanja provodila na kralježnicama lješeva ili su se zasnivali na rentgen snimkama i snimkama kompjutorske tomografije. Putem pola rotacije na takvim snimkama se pokušalo procijeniti os rotacije tijekom fleksije i ekstenzije glave i vrata u 2D ili 3D prikazu. Početkom 1990. godine je predstavljeno mjerenje vratne kralježnice na živim subjektima bez da ih se izlaže nekakvom riziku. Time su se uspjela dobiti točnija mjerenja i time bolja 3D procjea osi rotacije glave i vrata ljudskog tijela.

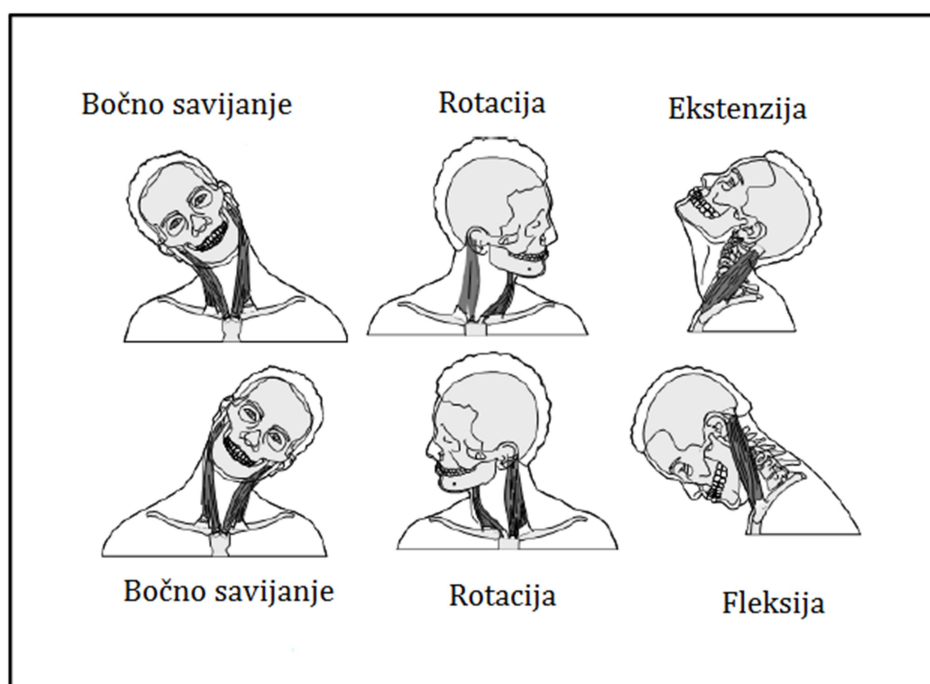
Ljudska kralježnica je podjeljena na četiri glavna dijela. Sastoji se od sedam vratnih kralježaka, dvanaest prsnih kralježaka, pet lumbalnih kralježaka i devet spojenih kralježaka trtice. Kinematika kralježnice obrađuje pojedinačne segmente kralježnice ili cijelu jednu glavnu regiju kralježnice. Kako bi se analizirali pojedinačni segmenti potrebno je definirati koordinatne sustave za svaki segment pošto se oni ne nalaze u

horizontalnom položaju. Dobar primjer je aksijalna rotacija glave ne rezultira aksialnim zakretima u svakom segmentu kralježnice.



Slika 16. Bočni prikaz vratnih kralježaka [10]

Vratni dio kralježnice se može podijeliti na gornji i donji dio vratne kralježnice. Gornji dio se sastoji od dva kralješka. Atlas je prvi, izgleda kao kost u obliku prstena i zaslužen je za održavanje glave. Drugi vratni kralješek, Axis ima vrlo prepoznatljiv „zub“. Axis tvori os oko koje se glava rotira prema boku. Ta dva kralješka tvore dva zglobova, C0/C1 zglob i C1/C2 zglob. Pri fleksiji i ekstenziji se provode u oba zglobova dok se bočno savijanje odvija u zglobovima C0/C1 a rotacija glave se odvija u C1/C2 zglobovima. Donji dio vratne kralježnice se sastoji od kralješka koji svi imaju sličnu geometriju pa se pri gibanju ravnomjerno dijeli utjecaj zglobova pri svim načinima gibanja glave.



Slika 17. Vrste gibanja glave i vrata [11]

Raspon gibanja svih kralježaka u glavnim vrstama gibanja glave i vrata je prikazano na Tablici 1.

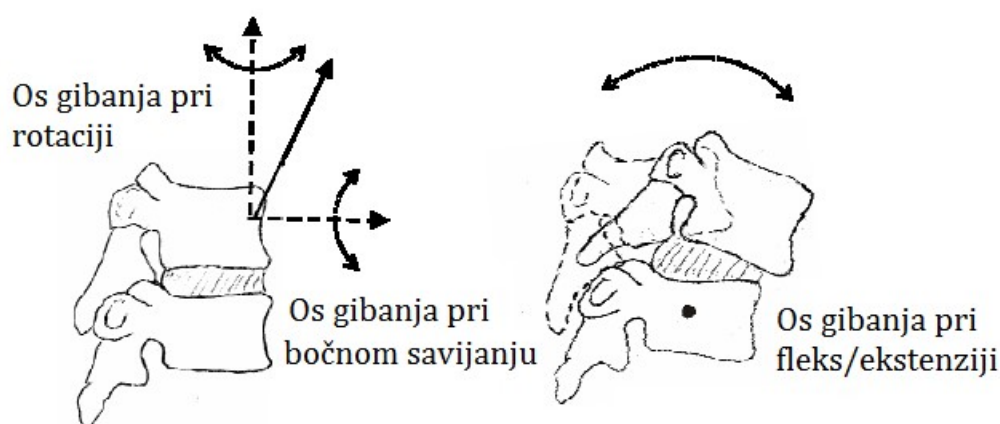
	Opseg gibanja (°) vratnih zglobova za maksimalne moguće pomake prema istražvanjima: A-Amevo et al, 1992; B-Penning, 1978; C-Penning and Wilmink, 1987.			
Zglob kralježaka	Fleksija/Ekstenzija		Bočno savijanje	Rotacija
	A	B	B	C
C0/C1	/	30	10	1
C1/C2	/	30		40,5
C2/C3	11 \pm 3,4	12	70	3
C3/C4	15 \pm 4	18		6,5
C4/C5	17 \pm 4,6	20		6,8
C5/C6	17 \pm 6,1	20		6,9
C6/C7	14 \pm 4,7	15		5,4

Tablica 1. Raspon gibanja dobiven iz različitih biomehaničkih istraživanja [12]

Kao što prikazuje Tablica 1. postoji nekoliko različitih istraživanja koji opisuju maksimalna moguća gibanja određenih zglobova kralježaka vratne kralježnice u nekim mjernim jedinicama koje možemo koristiti za neke druge svrhe.

Svaki kralježak nepravilna je kost i ima valjkasto tijelo kojega su gornja i donja ploha malo uleknute. Oblik tijela vratnih kralježaka uglavnom je poprečno jajolik. Na stražnjoj je strani tijela luk kralješka, arcus koji obuhvaća kralježnični otvor. Slaganjem kralježaka

u niz kralježnični otvori oblikuju kralježničnu cijev u kojoj je zaštićena leđna moždina. Vratni kralješci su do sedmog kralješka naprijed malo viši nego straga. Trnasti su nastavci gotovo vodoravni i na vrhu su rascijepljeni. Poprečni su nastavci također rascijepljeni te imaju otvor kroz koji prolazi kralježnična arterija. Trnasti nastavak sedmog vratnog kralješka osobito je dugačak i strši u šiji, vertebra prominens. U svakom pomaku pojedinog kralježnog zgloba sudjeluju dva susjedna kralješka i intervertebralnog diska koji se nalazi između njih. Funkcija intervertebralnog diska je da djeluje kao absorber pri naglim naprezanjima i njegove deformacije omogućuju mala translacijska gibanja između kralježaka. Jedinstvena anatomija zglobova kralježaka na tako daje da su rotacija i bočno savijanje glave uvijek kombinirani.

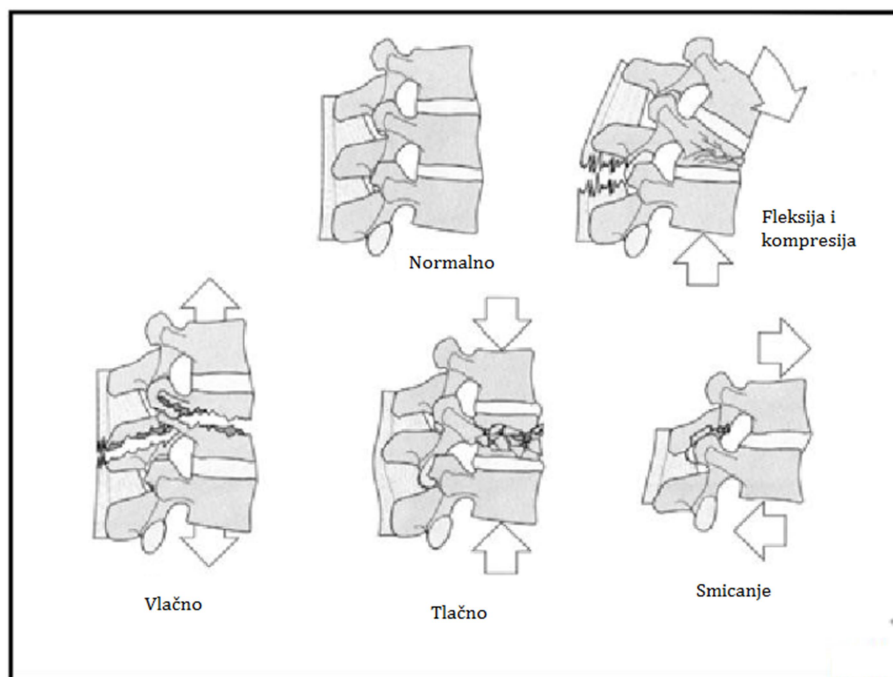


Slika 18. Osi gibanja kralježaka [11]

Slika 18. prikazuje kako pri kombiniranoj rotaciji i bočnom savijanju os rotacije se rotira tako da rezultira osi koji prolazi prednji dio kralježaka koji se pomiče. Dok pri fleksiji i ekstenziji se os rotacije pojavljuje kao horizontalna linija i nalazi se nižem kralješku, kao što je prikazano točkom na slici 18. Kombinirane osi rotacije svih vratnih zglobova opisuje gibanje glave u odnosu prema trupu. [12]

2.2 Mehanizmi koji dovode do ozlijeda vratne kralježnice.

Pošto je vrat vitak stubac koji može biti podvrgnut različitim naprezanjima na savijanje uz dodatno aksijalno naprezanje, postoje različite klasifikacije vrsti ozlijeda. To bi bile kompresijske, vlačno-tlačno, vlačno-fleksijski, tlačno-ekstenzijski, tlačno-fleksijski i bočno savijanje.



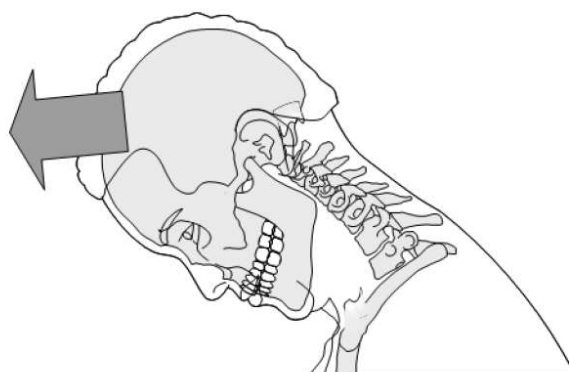
Slika 19. Prikaz nekih vrsta ozlijeđa vratne kralježnice. [11]

Ozlijeđe koje nastaju tlačnim opterećenjem su obično posljedica udara na krunu glave, koji rezultiraju visokim tlačnim opterećenjem vrata uz dodatna naprezanja na savijanje koja ovise o inicijalnom položaju glave. Ova vrsta ozlijeđe nije uobičajena u automobilskim nesrećama.

Vlačno-esktenzijska naprezanja se pojavljuju često i odgovorna su za nastajanje više različitih vrsta ozlijeđa vrata i glave uključujući i whiplash. Najčešće se pojavljuju u tri različita načina: 1.) Fixiranjem glave sa pritom pomakom tijela. Obično se to dogodi kada neosigurana osoba u automobilu pogodi prednje staklo automobila, može se dogoditi i pri padovima; 2.) Inercijsko naprezanje vrata pri iznenadnim akceleracijama trupa, kao što se događa pri sudaru vozila gdje se promatrana osoba nalazi u vozilu koje je pogođeno sa stražnje strane. 3.) Snažnim naprezanjem ispod brade u smjeru posterior superior, kao što se događa pri vješanju osoba.

Vlačno-fleksijske ozlijeđe nisu toliko česte zbog toga što se rijetko osobe žale na kronične bolove u vratu, koje su bile vezane pri frontalnim sudarima u vozilima. U vrlo teškim prometnim nesrećama se može dogoditi separacija C2/C3 zglobova. Takve ozlijeđe su se uspjele reproducirati na nižim primatima koji su bili potpuno vezani sigurnosnim pojasevima i na koje je djelovala frontalna deakceleracija od 120 G-a.

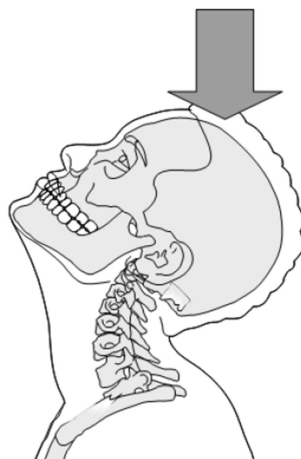
VLAČNO-FLEKSIJA



Slika 20. Vlačno-fleksijska vrsta ozlijede [11]

Tlačno-ekstenzijske ozlijede se mogu dogoditi pri osobama koje sudjeluju u frontalnim sudarima a nisu osigurani sigurnosnim pojasem. Kada glava udari u prednje staklo vrat se postavi u položaj ekstencije i tlačnog naprezanja istodobno. Osobe u takvim situacijama dožive frakture jednog ili više kralježaka.

TLAČNO-EKSTENZIJA



Slika 21. Tlačno-ekstenzijska vrsta ozlijede [11]

Tlačno-fleksijske frakture vratnih kralježaka su rezultat fleksijskog momenta savijanja i tlačnog naprezanja vratnog kralješka.

Bočno savijanje nastane pri udarima u bok i obično ga prati naprezanje na smik i aksijalna naprezanja. [12]

2.3 Tolerancije ljudskog vrata naspram ozljedama.

Ne postoji opća prihvaćena tolerancija za sve pojedine vrste naprezanja koje se mogu dogoditi. Postoji mnogo različitih razoga zašto je nemoguće postaviti takvu toleranciju na naprezanje. Kralježnica je stupac koji se sastoji od mnogo segmenata sa nelinearnim

svojstvima oblika. Geometrija kralježnice je kompleksna i sastoji se od elemenata koji imaju nelinearna svojstva materijala. Vratne ozlijede su pokazale da ovise o početnom položaju vrata, smijera djelovanja naprezanja, stupnjeva slobode koji su nametnuti ili oduzeti putem kontaktnih površina i brzini nastajanja naprezanja. Svi ti faktori uz još dodatno biološko variranje čvrstoće ljudskog tkiva i nivoa ozlijede koje ono može tolerirati. Kao dobar primjer se može postaviti da se ozbiljni problemi vrata ne pojavljuju u frontalnim sudarima osim ako je G nivo sudara jao visok. Do pri kolizijama sa stražnje strane se mogu pojaviti dugotrajni bolovi u vratu iako sila udara bila niska.

Postoji obilan izvor dokaza da vrat može podnijeti poprilično visoku frontalnu deakceleraciju bez pojave ozlijeda. J. J. Ryan 1962. godine koristeći sebe osobno kao subjekt za testiranje, je uspio podnijeti udar od 23 G-a bez pojave ozlijede, a pritom je bio vezan jednim sigurnosnim pojasom. Ewing 1969. godine provodi testove na dobrovoljcima pri 10 G-a i kao rezultat prijavljuje samo otiske vojnih remena koje su koristili. Testiranja na dobrovoljcima koje su proveli Mertz i Patrick 1967. godine i 1971. godine su istraživanja koja se najviše citiraju i koriste. Jedini dobrovoljac je bio prof. Patrick osobno. Uspio je podnijeti fleksijski moment od 59.4 Nm sa pojavom boli u vratu. Ta vrijednost se koristila kao prag pojave boli. Pri 87.8 Nm je imao iznenađen porast jačine boli što je pratilo duži vijek trajanja nelagode. Time se definirala vrijednost koja se koristi za prag pojave ozlijeda.

Veliki broj istraživanja je podvrgnut kako bi se istražilo problem pojave whiplash-a. Takva istraživanja su se uglavnom provodila pri niskim nivoima udara kako bi se bolje shvatila pojava boli u vratu. Vrativši se na rad Mertz-a i Patrick-a se uspjelo pronaći da se statični limit prof. Patricka nalazi na 23.7 Nm a prosječni statični limit 10 dobrovoljaca je ispao 21.2 Nm. Njihova dinamička istraživanja su pokazala da maksimalni moment koji se tolerira u temelju ljudske lubanje iznosi 47.4 Nm što je zapravo duplo od statičke granične vrijednosti za prof. Patrick-a.

U slučaju bočnog savijanja ne postoji toliko podataka o tolerancijskim vrijednostima. Ispitivanja koje su proveli Wisnianski i Spenny 1983. godine pokazuju da nije bilo nikakvih očitih ozlijeda pri prolazima koji napravljeni pri 5 do 10 G-a. Ti testovi su rezultirali bočnim zakretnim momentom od 20 do 60 Nm i bočnim rotacijama od 52 stupnjeva.

Ozlijede vrata variraju od blagih do katastrofalnih. Generalno gledajući ozlijede koje uključuju ležnu moždinu i više vratne kralješke su opasni po život, dok ozlijede na nižim vratnim kralješcima obično rezultiraju paralizom. Da bi došlo do ozlijede leđne moždine potrebno je poremetiti integritet stupca cijele kralježnice. Nije potrebno prekinuti ležnu moždinu da bi nastala paraliza osobe. Dvije najopasnije moguće posljedice koje se mogu dogoditi kada dolazi do ozlijeda gornjeg dijela vratne kralježnice su whiplash i bazilarni lom lubanje. [12]

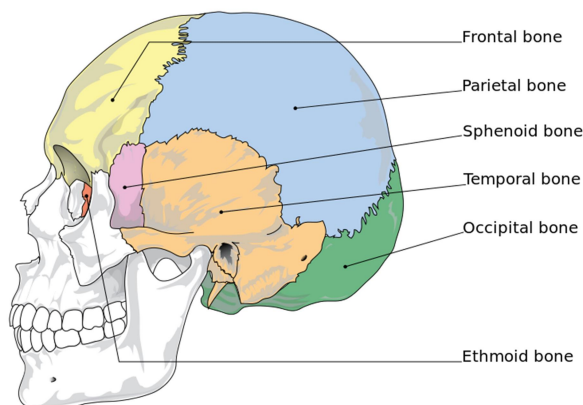
2.4 Posljedice koje nastaju pri ozljedama vratne kralježnice

Kako bi mogli bolje razumijeti uređaje za zaštitu vrata i glave potrebno je objasniti kakve učinke mogu fatalne nesreće imati na tijelo vozača koji nema nekakv sistem zaštite vrata i glave. Kao što smo vidjeli u tekstu do sada, većina vozača je stradala zbog bazilarnog loma lubanje. Bazilarni lom lubanje je fraktura temeljne kosti lubanje koji uključuje sljepočnu kost, zatiljnu kost, klinastu kost i ili rešetnicu. Izvan motosporta je ova vrsta ozlijede dosta rijetka, samo 4% pacijenata sa teškom ozlijedom glave ima ovakvu vrstu ozlijede. Bazilarni lom lubanje uzrokuje pucanje membrana koje okružuju mozak, ili moždanih ovojnica, što dovodi do curenja cerebrospinalne tekućine. Curenje cerebrospinalne tekućine kroz uho ili nos su karakteristični znakovi bazilarnog loma lubanje.



Slika 22. CT prikaz bazilarnog loma lubanje. [10]

Bazilarni lom lubanje uključuje lom prednjeg i stražnjeg dijela tjemene kosti. Lomovi kostiju mogu nastati oko foramen magnum-a, tj. rupe u temeljnoj kosti lubanje kroz koje izlazi leđna moždina i postaje moždano deblo, što dovodi do mogućeg oštećenja krvnih žila i živaca koji izlaze kroz rupu temeljne kosti lubanje. [10]



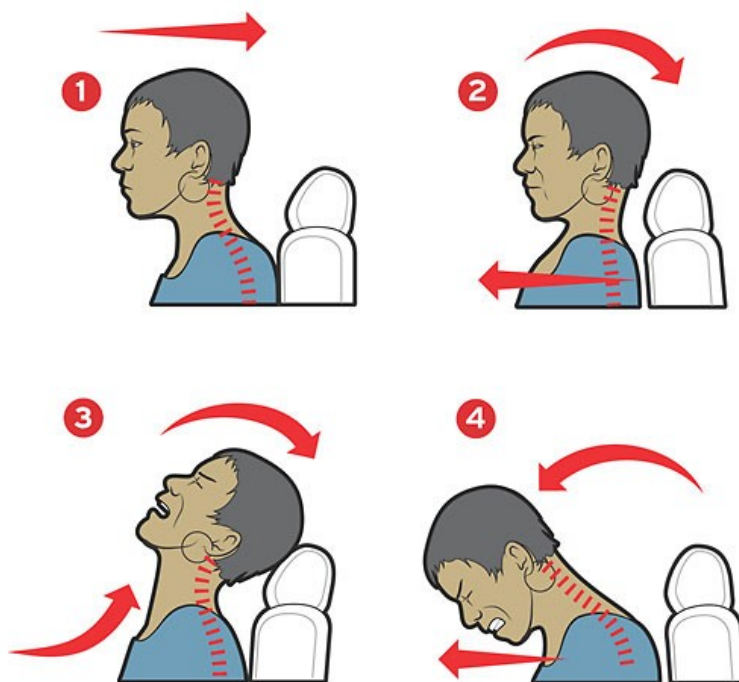
Slika 23. Kosti lubanje koji mogu biti uključeni u bazilarni lom lubanje. [13]

Još jedna posljedica koja se može dogoditi ako vozač nema sistem zaštite vrata i glave je "Whiplash". Whiplash je ne medicinski izraz koji se odnosi na ozlijede vrata čiji je uzrok nagla distorzija vrata. Povezano je i sa ekstenzijom vrata ali točan mehanizam koji dovodi do ozlijede još nije potpuno poznat. Whiplash se uglavnom pojavljuje u nesrećama motornih vozila, obično ako je vozilo udareno sa stražnjeg dijela, ali

uglavnom ovaj tip ozlijede se može dogoditi uzrokom različiti vrsta nesreće. 2007. godine u Ujedinjenom Kraljevstvu 430,000 osoba je tražilo odštetu osiguranja za tip ozlijede whiplash-a. Prije pojave automobila, ovakav tip ozlijede se obično pojavljivao kod nesreća vlakova, jedan od prvih takvih slučajeva je dokumentiran 1919. godine. Nakon pojave osobnog automobila ozlijede whiplasha su se drastično povisile, pošto je bilo više nekreća automobila.



Slika 24. Rentgen slika whiplasha. Prikazuje nestanak normalne lordoze unutar vratne kralježnice. [13]



Slika 25. Faze whiplasha [14]

Postoje četiri faze u odvijanju whiplash-a. To su početna pozicija, prije udara, retrakcija, ekstenzija i povratni udarac. U početnom položaju nema djelovanja sila na vrat. Za vrijeme retrakcije se zapravo whiplash događa, pošto tada nastaje veliko naprezanje na tkivo prednjih longitudinalnih ligamenata, što dovodi do neravnoteže vratne kralježnice.

Potrebno je naglasiti da ovu fazu upravo HANS uređaj i slični sistemi pokušavaju ublažiti kako nebi došlo do ozlijeda. Sljedeća faza je ekstenzija, gdje cijeli vrat i glava prijelaze u ekstenziju, sve dok ih ne zaustavi naslon za glavu ili drugi uređaj za zaštitu vrata i glave, ako je prisutan u vozilu. Faza povratnog udara je reakcija na prijašnje dvije faze. Tijekom faze retrakcije vratna kralježnica ima oblik slova S, gdje se gornji kraj nalazi unutar fleksije, a donji u hiperesktenziji. Niži dijelovi vratne kralježnice dolaze do svojih anatomskih granica što rezultira tome da se ozlijede pojavljuju na tim dijelovima vratne kralježnice. U fazi ekstenzije ne dolazi do takvog pomaka da bi nastalo oštećenje na vratnoj kralježnici. Većina ozlijeda se dogodi na kralješcima C-5 i C-6.

Razina jačine ozlijde whiplash-a se može podijeliti na pet razina prema Québec Task Force (QTF):

- Razina 0: nema boli u vratu, ukočenosti ili bilo kakvih drugih fizičkih znakova
- Razina 1: prigovori o boli u vratu ukočenosti ili natučenosti bez ikakvih fizičkih naznaka koje bi mogao zapaziti liječnik
- Razina 2: žalbe na bol u vratu i liječnik zapaža ograničeni raspon gibanja glave i vrata
- Razina 3: žalbe na bol u vratu uz dodatne neurološke naznake koji se očituju putem smanjenih refleksa tetiva, slaboće i sensorskih deficita.
- Razina 4: žalbe na bol u vratu uz frakture ili dislokacije, ili ozlijede leđne moždine.

Whiplash je jedna od najčešćih nefatalnih ozlijeda u automobilskim nesrećama. Whiplash se može pojaviti pri brzinama od 25 km/h pa nadalje. Iznenadni udar i iznenadni pomak glave koji nastane prilikom whiplasha je taj koji nanosi štetu, i što je taj inicijalni udar jači to više ozlijeda nastaje na vratnoj kralježnici. [14]

3. UTVRĐIVANJE KONSTRUKCIJSKIH I FUNKCIONALNIH ZAHTJEVA

Cilj ovog poglavlja je postavljanje zahtjeva koje smo do sada uspjeli otkriti putem analize tržišta i analize biomehanike ljudske glave i vrata. Rezultat će biti jasno definirani zahtjevi koje budući koncept za zaštitu glave i vrata mora zadovoljiti. U prvom od prethodna dva glavna poglavlja smo dobili uvid u trenutno stanje proizvoda čija je funkcija zaštita glave i vrata vozača. Ono što se prvo izjasnilo je očiti zahtjev za slobodom gibanja glave, bez osjećaja ustručavanja prirodnog gibanja glave i vrata. Potrebno je postići što više da uređaj prirodno prati sve kretnje glave i vrata ali istodobno da je u stanju spriječiti nastanak ozlijeđa kada se glava i vrat nalaze u položaju ili prolaze kroz kretanju koja bi mogla dovesti do ozlijeđa. Ovaj uvijet sa sobom povlači način postavljanja uređaja na vozača koji bi trebao biti izveden tako da ne ozlijedi vozača prilikom nesreće dok pokušava obaviti svoj primarni cilj a to je zaštita glave i vrata. Jer se u nekim primjerima proizvoda zaštite glave i vrata očitivalo to da dok su u stanju bili zaštititi vozača od ozlijeđa na vratu i temelju glave istodobno bili u stanju nanijeti ozlijeđe trupa tijela vozača, što bi se u našem slučaju trebalo pokušati izbjeći. Uređaj bi trebalo tako oblikovati da optimalno absorbira sve sile i pokrete koji bi mogli nanijeti ozlijeđu na vratu i glavi. Isto tako bi uređaj trebao biti izveden tako da se postavlja na vozača što jednostavnije moguće jer komplicirani mehanizam postavljanja na osobu može samo dovesti do negativnog mišljenja potencijalnih korisnika o uređaju, što bi se isto trebalo izbjeći. Uređaj bi trebao biti tako konstruiran da odgovara mjerema većine populacije koja bi ga mogla koristiti što se može izvesti na nekoliko različitih načina. Na kraju jedan od bitnih zahtjeva koji proizlazi iz svih ovih koje smo grupirali među konstrukcijske zahtjeve je masa uređaja, koja bi se trebala svesti na što nižu vrijednost. Kao što zaštitna kaciga povećava masu glave, time i inercijsku silu koja djeluje na vrat i vratnu kralježnicu prilikom nesreća, naš uređaj dodatno povećava tu masu. Zbog toga je potrebno konstrukciju izvesti tako da ima što nižu masu.

U drugom poglavlju smo razmatrali biomehaniku i anatomiju glave i vrata. Pritom smo utvrdili kritične uvijete pri kojima može doći do ozlijeđa glave i vrata. Kritični uvijeti koje smo uspjeli utvrditi su iznimno bitni jer oni definiraju što potencijalni uređaj mora postići kako bi osigurao da ne dođe do ozlijeđa glave i vrata vozača prilikom nesreće. Pošto se kroz povijest provodilo više različitih ispitivanja i kako biomehanika ljudskog tijela varira jako od osobe do osobe, vrijednosti koje ćemo uzeti kao funkcionalne zahtjeve je potrebno procijeniti iz različitih ispitivanja. Prvo što smo obradili su bili raspona gibanja glave i vrata i time dobili maksimalne kuteve zakreta glave u svim vrstama gibanja. Razradom različitih mehanizama pri kojima dolazi do ozlijeđa glave i vrata možemo procijeniti sile i momente pri kojima nastaju ozlijeđe na glavi i vratu.

3.1 Konstruktivski zahtjevi:

- Neometena sloboda gibanja glave tijekom nošenja uređaja
- Jednostavan način postavljanja uređaja
- Minimizirati moguće ozlijede drugih dijelova tijela vozača tijekom nesreće
- Optimalno prigušenje svih mogućih naprezanja koje mogu dovesti do ozlijede glave i vrata
- Prilagoditi uređaj što većem broju korisnika sa različitim opsezima tijela
- Težiti što je moguće nižoj masi uređaja

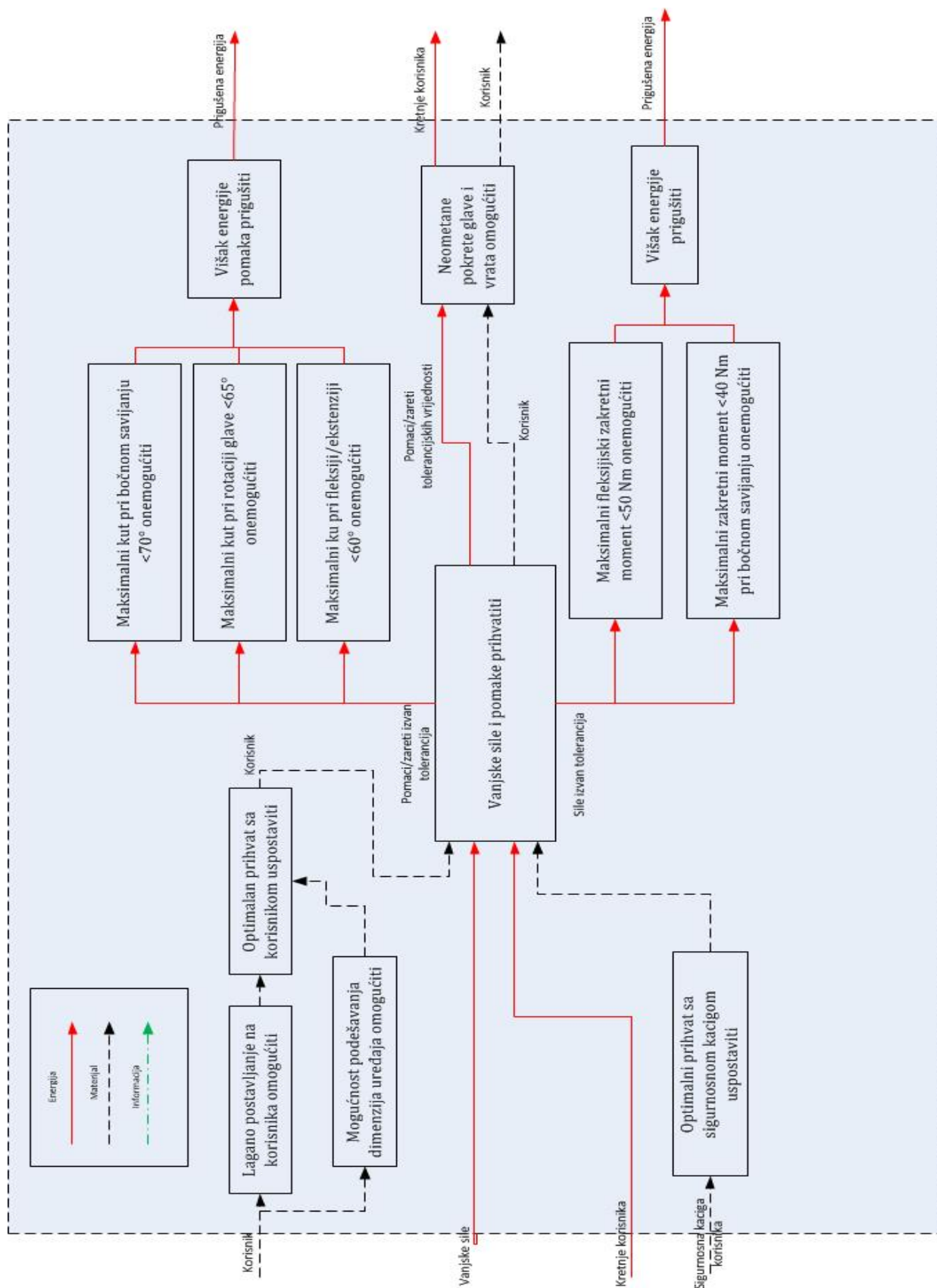
3.2 Funkcionalni zahtjevi:

- Maksimalni kut pri ekstenziji: 60°
- Maksimalni kut pri fleksiji: 60°
- Maksimalni kut pri rotaciji: 65°
- Maksimalni kut pri bočnom savijanju: 70°
- Maksimalni fleksijski zakretni moment: 50 Nm
- Maksimalni zakretni moment pri bočnom savijanju: 40 Nm

Nakon što smo postavili sve zahtjeve potrebno je profesti funkcijsku analizu.

3.3 Funkcijska analiza

Kako bi dobili bolji uvid u tehnička rješenja koja moramo pronaći kako bi zadovoljili funkcionalne i konstruktivske zahtjeve, potrebno je provesti funkcionalnu dekompoziciju. Funkcija je svojstvo tehničkog sustava koje opisuje njegovu sposobnost ispunjavanja svrhe za koju je namjenjen tj. transformaciju ulaznih veličina u izlazne veličine. Proizvod može sadržavati jednu ili više funkcija. Rezultat funkcijske analize je bolji pregled svih funkcija i toka izvršavanja svih funkcija koje uređaj obavlja kako bi ispunio sve konstruktivske i funkcionalne zahtjeve


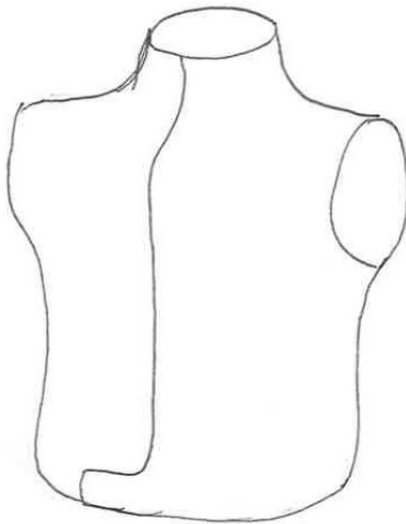


Slika 26. Funkcijska struktura

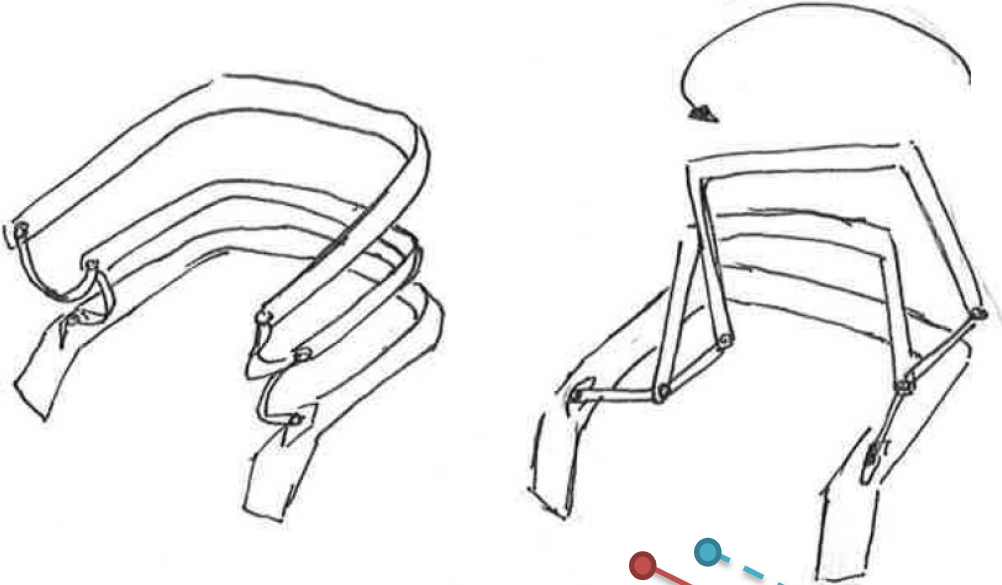
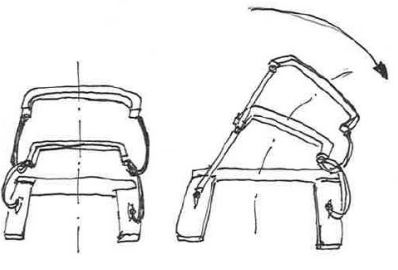
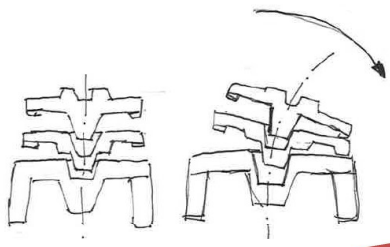
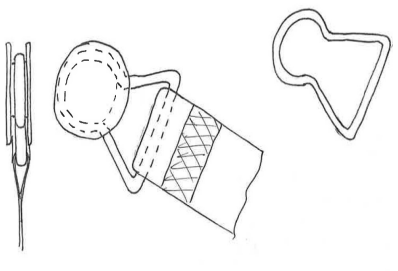
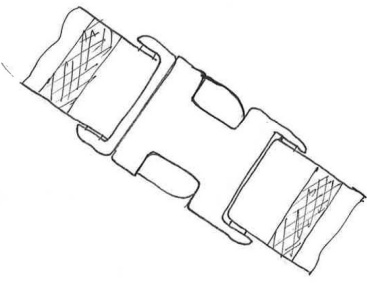
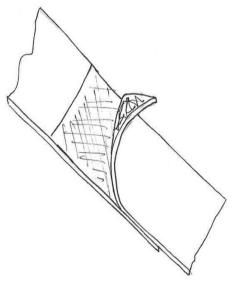
Sljedeći korak je razrada morfološke matrice.

3.4 Morfološka matrica

Morfološka matrica predstavlja način formiranja konceptijskog rješenja iz odabira većeg broja izvršitelja parcijalnih funkcija. Formuliranje i opis problema su početni koraci pri razvoju matrice. Pojedine parcijalne funkcije se povezuju i rezultat je formiranje varijanti različitih rješenja. Razmatranjem i razradom različitih izvedba pojedinih koncepata se odabire najbolje rješenje za daljnju razradu koncepta.

	Moguća rješenja za postavljeni zahtjev koncepta		
Zahtjevi koncepta			
1. Postavljanje i pričvršćivanje na vozača	<p>Sistem remena</p> 	<p>Prsluk</p> 	
2. Prilagodba različitih dimenzijama korisnika	<p>Različite veličine uređaja:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Različite visine vrata – Različiti opsezi vrata – Različite veličine komponenti gornjeg trupa. – Različiti profili komponente koja se spaja sa sigurnosnom kacigom 	<p>Uređaj sa promjenjivim dimenzijama.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Podešavanje visine vrata – Podešavanje širine komponenti za opseg vrata – Podešavanje duljine remena unutar uređaja 	<p>Kombinirano rješenje različitih dimenzija proizvoda sa parametrima koji su promjenjivi:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Podešavanje visine vrata – Različiti opsezi vrata – Različite veličine komponente gornjeg trupa. – Podešavanje duljine remena unutar uređaja

3. Smanjenje mase	Kompozitni materijali, ugljična vlakna.	Kompozitni materijali, staklena vlakna	Polimeri.
4. Pričvršćivanje na kacigu vozača.	Pričvršćivanje putem sigurnosnog remena kacige i unutarnjih dodirnih ploha.	Pričvršćivanje putem vanjske plohe sigurnosne kacige	
5. Svladavanje pomaka i naprezanja u pomaku ekstenzije.	Sistem remena unutar konstrukcije.	Oblikom konstrukcije	Kombinirano rješenje predhodnih dva rješenja.
6. Svladavanje pomaka i naprezanja u pomaku fleksije.	Sistem remena unutar konstrukcije.	Oblikom konstrukcije.	Kombinirano rješenje predhodnih dva rješenja.

<p>7. Svladavanje pomaka i naprezanja u pomaku rotacije.</p>	<p>Sistem remena unutar konstrukcije.</p> 		
<p>8. Svladavanje pomaka i naprezanja u pomaku bočnog savijanja.</p>	<p>Sistem remena unutar konstrukcije.</p> 	<p>Oblikom konstrukcije.</p> 	<p>Kombinirano rješenje prethodnih dva rješenja.</p>
<p>Vrsta mehanizma spajanja komponenti uređaja</p>	<p>Metalne kopče</p> 	<p>Polimerne kopče</p> 	<p>Velcro spajanje</p> 

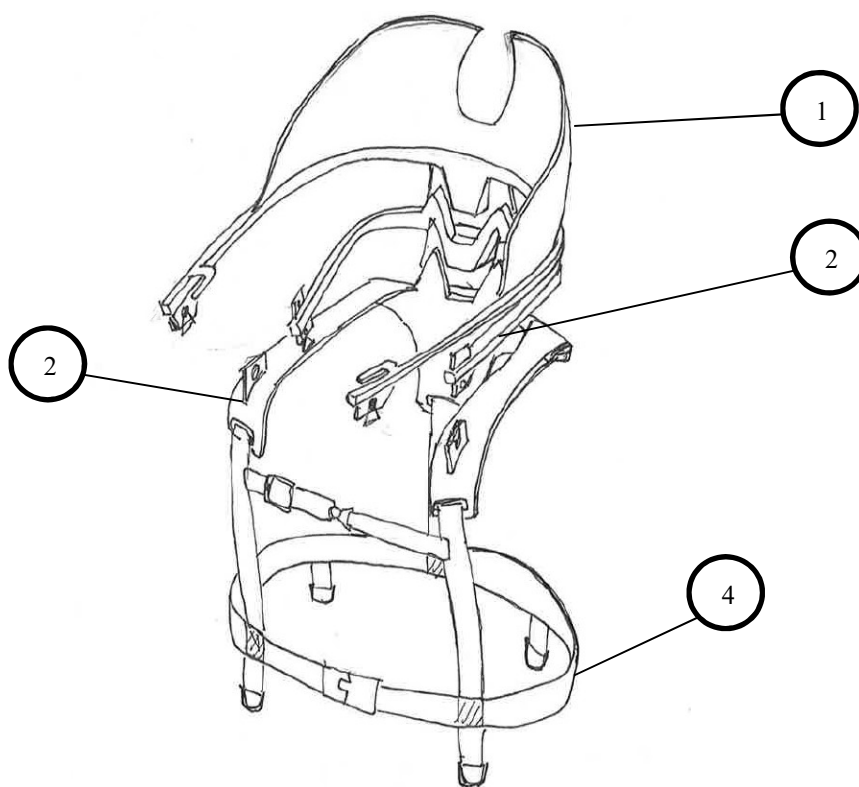
Tablica 2. Morfološka matrica.

Rezultat provedene analize morfološke matrice su dva koncepta. Tok postavljanja rješenja za svaki koncept predstavljaju crvena puna linija i plava crtkana linija (Tablica 2.). Pošto nismo imali na raspolaganju previše različitih mogućih tehnoloških rješenja, dva koncepta će se razlikovati jedino u načinu postavljanja i pričvršćivanja na vozača. Sva ostala rješenja će oba koncepta imati na istom principu.

4. RAZRADA KONCEPTA

U ovom poglavlju detaljno analiziramo svaki od dva koncepta koji su dobiveni analizom morfološke matrice. Koncepti su po svojoj izvedbi slični, jer posjeduju komponente koje se mogu koristiti za obje izvedbe tako da zajedničke komponente možemo zajednički analizirati pošto vrše istu funkciju u oba koncepta.

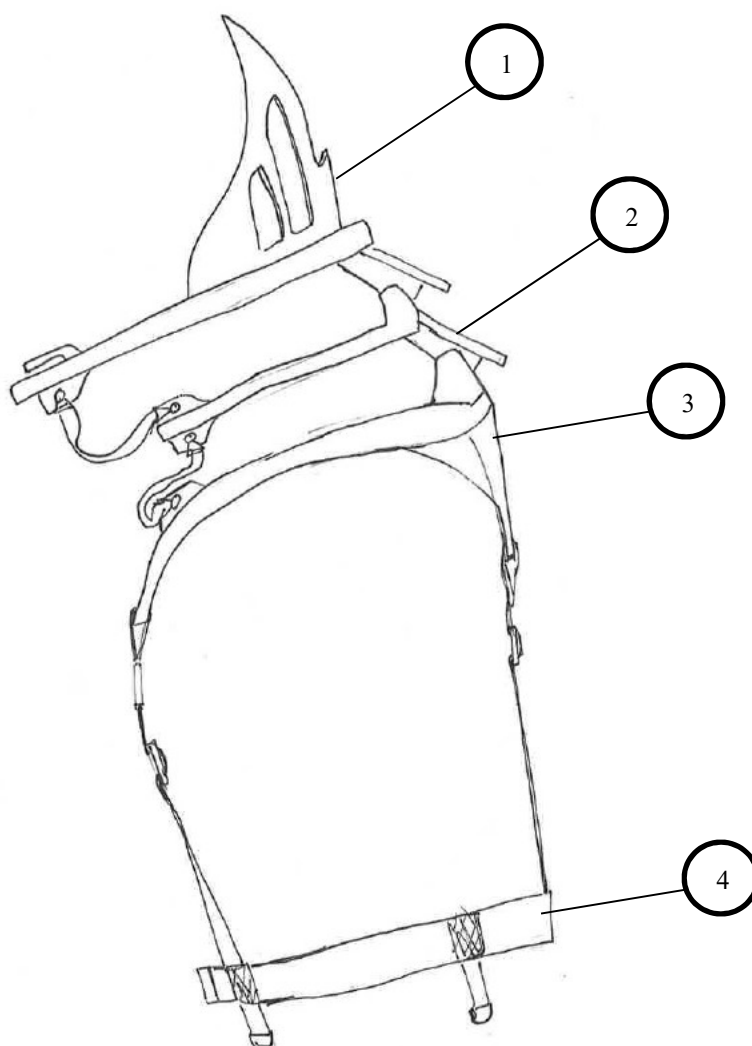
4.1 Koncept 1:



Slika 27. Koncept 1 projekcija izometrije

Na slici 27. je prikazan koncept 1 uređaja za zaštitu glave i vrata vozača motocikla. Ova izvedba koristi rješenje sistema remena kako bi osigurala dovoljno dobar prihvat za gornji dio tijela vozača. Uređaj je podijeljen na četiri komponente. Komponenta označena brojem (1) služi za spajanje na sigurnosnu kacigu korisnika i mora osigurati dovoljno čvrsti spoj sa kacigom. Komponenta označena brojem (2) služi kao među dio između više komponente koja se spaja sa sigurnosnom kacigom i nižom komponentom koja se spaja sa sistemom remena i ujedno i gornjim trupom vozača. Komponenta označena brojem (4) ujedno osigurava dovoljno čvrsti spoj sa sistemom remena i pozicionira uređaj na temelju vratne kralježnice. Sistem remena označen brojem (4) se može podešavati kako bi osigurali dovoljno dobar prihvat za različite dimenzije mogućih korisnika.

Slika 28. predstavlja pogled iz projekcije nacрта i time prikazuje još bolji uvid u smještaju komponenti unutar uređaja.



Slika 28. Koncept 1 projekcija nacрта

Koncept 1 je izgledom sličan Hutchens uređaju spomenutom u prvom poglavlju poglavlju. Glavne razlike između koncepta 1 i Hutchens uređaja je manji profil samog uređaja. Koncept 1 je zamišljen tako da se postavlja ispod zaštitne odjeće namjenjene vožnji motociklom. Još jedna velika razlika između dva navedena uređaja je način na koji se spaja sa sigurnosnom kacigom vozača. Hutchens uređaj i ujedno i HANS uređaj se spajaju na acigu putem remena i metalnih kopči na samoj kacigi koja mora biti proizvedena sa tom značajkom jer nije nešto što se može naknadno postaviti na kacigu. Koncept 1 koriste komponentu koja je tako oblikovana da uspostavi dvije glavne dodirne površine, gdje se prva nalazi između potiljka glave vozača i unutarnje stjenke kacige dok se druga nalazi kod nastavaka koji se pričvrste na remen sigurnosne kacige. Potrebno je napomenuti da sve sigurnosne kacige dijele značajku da imaju nekakvu vrstu sigurnosnog remena koji prolazi ispod brade vozača i time pričvršćuje kacigu na glavi, i

upravo tu značajku koncept iskorištava kako bi bio primjenjiv na što veći broj različitih proizvoda sigurnosnih kaciga.

Komponenta koja koncept 1 razlikuje od koncepta 2 je način na koji se spaja na tijelo vozača, a to je putem sistema remena. Slika 29. detaljnije prikazuje sistem sigurnosnih remena.

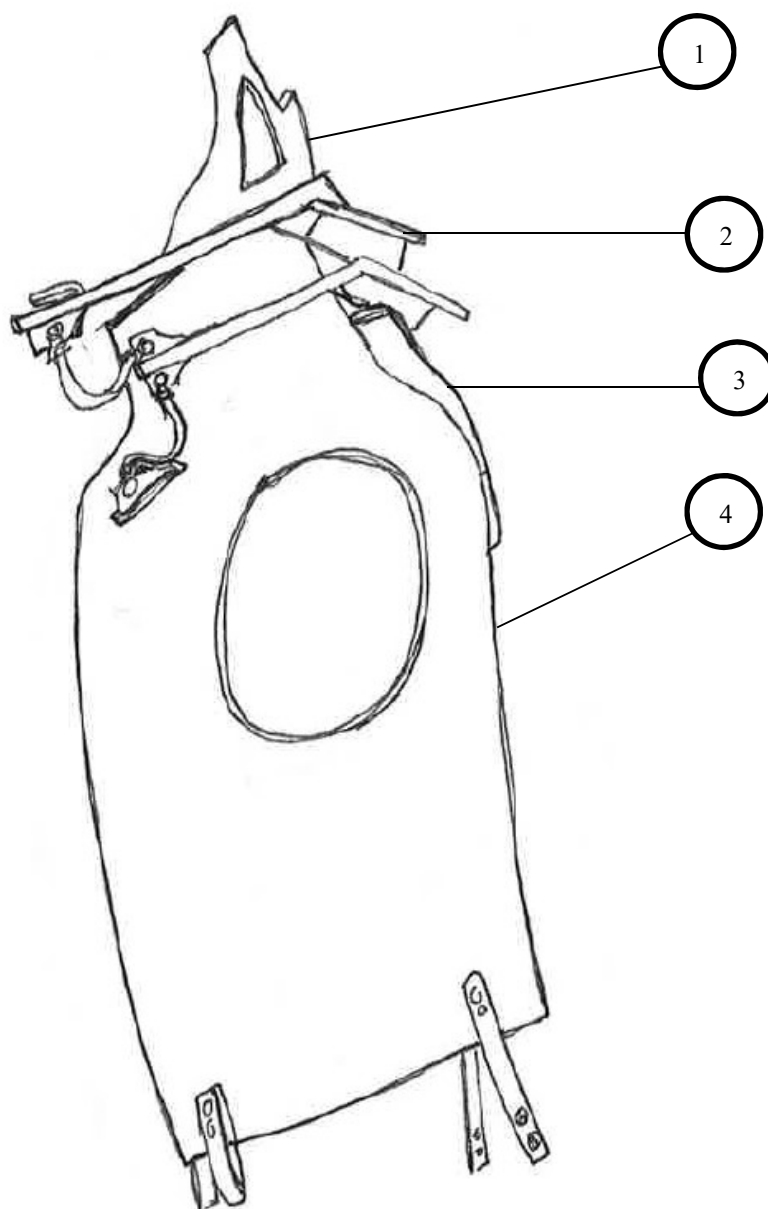


Slika 29. Sistem remena predviđen za pričvršćivanje na vozača koncepta 1.

Bitna značajka za sistem remena je da je adaptivan, tako da se može do neke granice mijenjati dužina određenih remena kako bi se postiglo optimalnije pričvršćivanje na gornji trup vozača. Kopče za spoj na remen hlača koje vozač eventualno može nositi se isto može dodati na cijelu komponentu.

4.2 Koncept 2

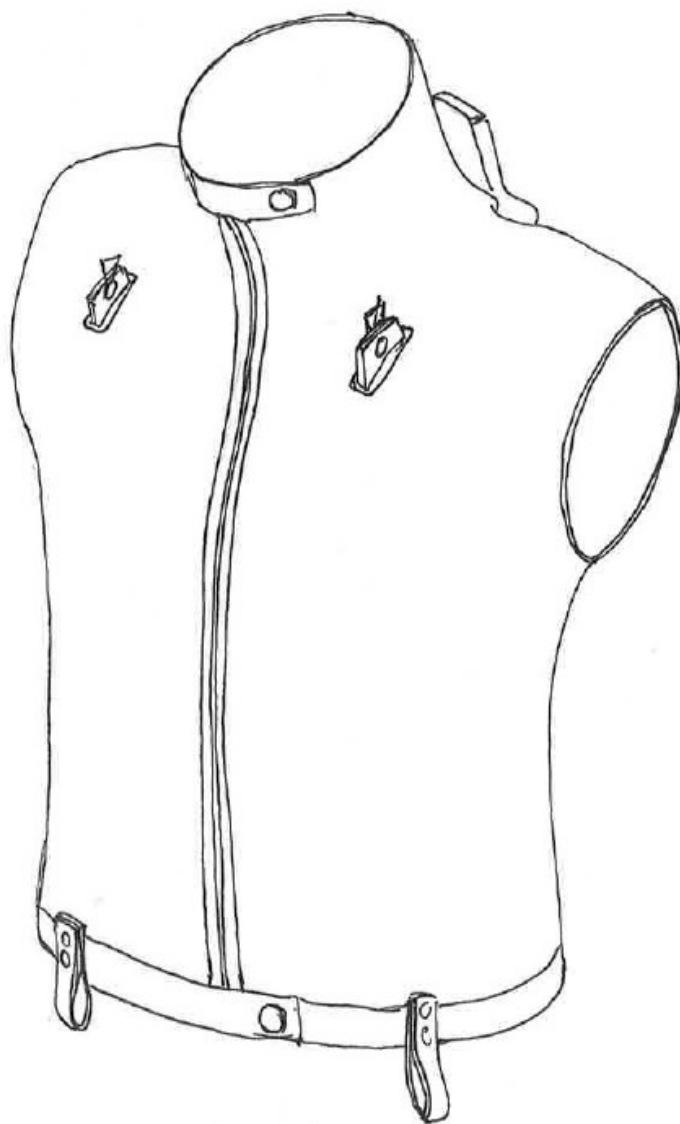
Koncept 2 predstavlja drugi pristup načina pričvršćivanja na tijelo vozača. Ovaj koncept koristi prsluk u kojem i tako niža komponenta i prsluk čine jedan nerastavljivi dio. (slika 30.)



Slika 30. Koncept 2 projekcija nacrt

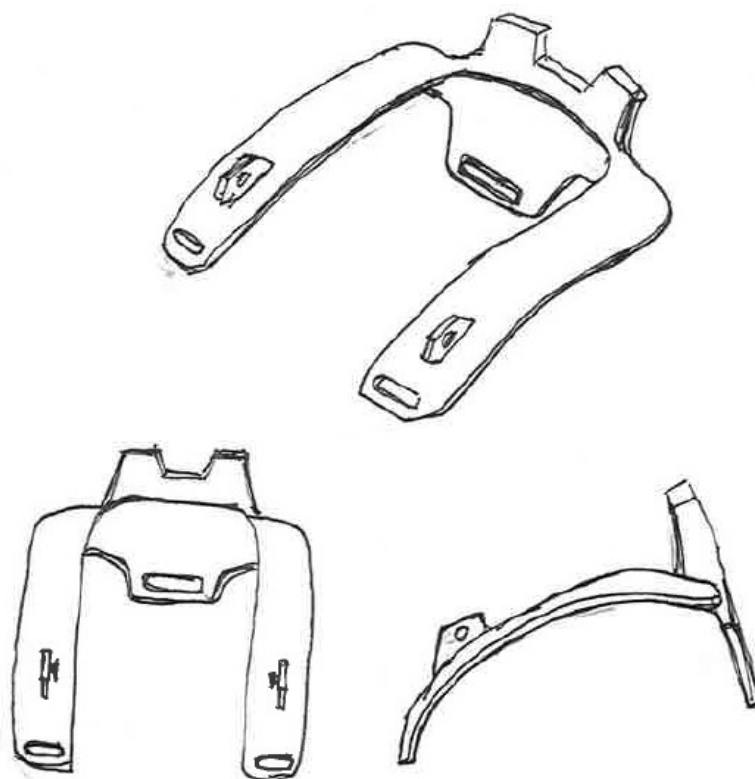
Ovakva izvedba nosi sa sobom prednost da prslu osigurava veću dodirnu površinu na gornjem trupu ljudskog tijela. Prsluk je moguće dodatno kombinirati sa zaštitnom opremom za motocikle kao npr. jakne gdje se prsluk može dodatno spojiti sa jaknom ili leđnim protektorom u na principu podstave što nosi prednost da se povećava broj točaka gdje je uređaj spojen. Kopče koje se nalaze u visini struka se mogu koristiti kao

spoj na remen hlača vozača. Ovaj koncept postiže zahtjev jednostavnog postavljanja na tijelo na efektivniji način nego koncept 1, pošto se postavlja na isti način i kao druga odjeća samo se njegove dimenzije nemogu podešavati u istom omjeru kao na konceptu 1. Elastičnost tekstila daje određeni parametar prilagodbe ali to nije dovoljno, kao što postoje različite veličine kod odjeće tako bi bilo potrebno proizvoditi prslu u različitim veličinama da se zadovolji prilagodba različitim korisnicima.



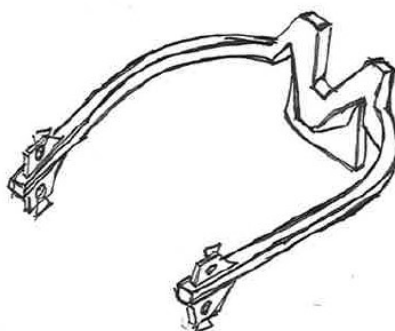
Slika 31. Komponenta za pričvršćivanje na vozača koncepta 2

Pošto oba koncepta dijele iste komponente možemo ih zajednički detaljnije razjasniti. Komponenta na nižem dijelu vrata označena oznakom 3 ima funkciju naslona na ramena i gornji trup tijela vozača. Ako usporedimo tu komponentu sa komponentom oslonca za ramena kod HANS uređaja, obje komponente izvršavaju sličnu funkciju. Osiguravaju dodir sa ramenima vozača i pritom pozicioniraju cijeli uređaj. (slika 32.)



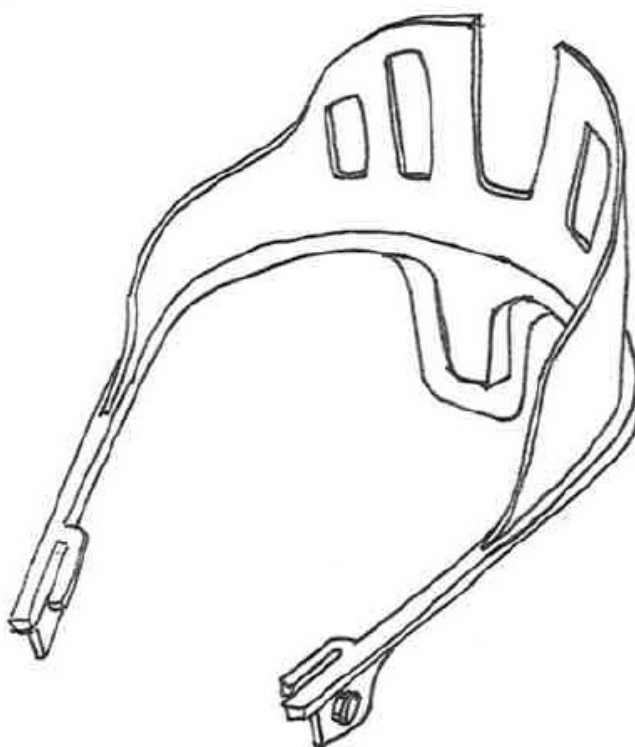
Slika 32. Komponenta nižeg dijela vrata, oznaka 3

Komponenta sa oznakom 2 se nalazi između komponente koja se spaja sa sigurnosnom kacigom, oznaka 1 i niže komponente koja se naslanja na ramena, oznaka 3. Uloga ove komponente je prijenos gibanja između ostala dva dijela koja spaja. Tom komponentom dobivamo dodatnu slobodu gibanja koja nam je jedan od glavnih zahtjeva i ujedno preko nje prenosimo naprezanja koja su prešla tolerancijske vrijednosti i zaustavljamo pomake koji su iznad raspona gibanja glave i vrata vozača.



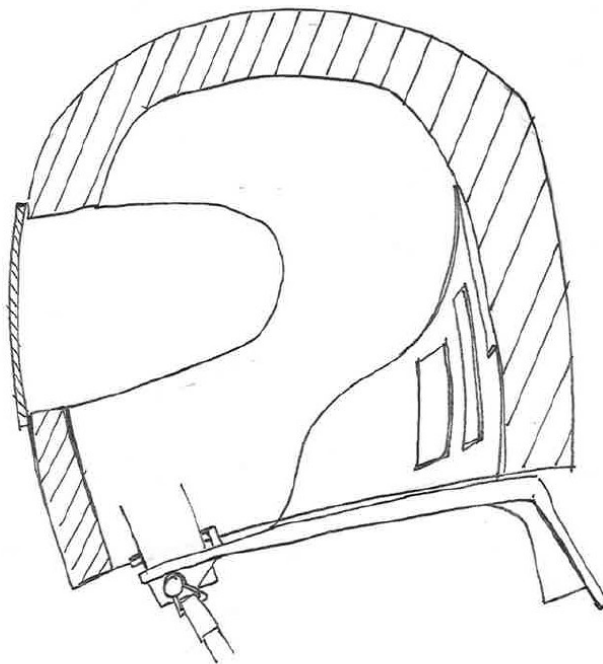
Slika 33. Srednja komponenta, oznaka 2

Posljednja komponenta sa onakom 1 je ujedno i najvažnija jer je njena funkcija osiguranje dovoljno dobre veze sa kacigom i prijenos svih naprezanja prema nižim komponentama. Spoj sa sigurnosnom kacigom se ostvaruje sa dvije glavne točke. Sa plohom koja se nalazi između unutarnje stjenke kacige i potiljka glave vozača se ostvaruje veza na stražnjem dijelu glave. Sigurnosne kacige obično stoje tako na glavi da postoji minimalna zračnost između glave i same kacige. Pošto potpuno sjedanje kacige na glavu vozača nije moguće ostvariti postoje elastični elementi od tekstila unutar kacige i to elastično svojstvo možemo iskoristiti kako bi osigurali dovoljno dobar prihvat na glavu vozača. Ujedno bi se trebalo težiti da ploha koja dolazi na to mjesto i sama sadrži elastična svojstva kako bi se uspjela prilagoditi glavi vozača i unutarnjoj konturi kacige. (slika 34.)



Slika 34. Gornja komponenta, oznaka 1

Sa prednje strane sigurnosne kacige komponenta osigurava točke dodira sa profilom koji se pričvrsti na remen sigurnosne kacige. Sigurnosne kacige za motocikle moraju imati remen koji prolazi ispod brade vozača, kako bi efektivno funkcionirale u slučaju nesreće. Kao što je već spomenuto, takav oblik pričvršćivanja nam omogućuje spoj na većinu sigurnosnih kaciga koje se nalaze na tržištu. Slika 35. detaljnije prikazuje način spoja sigurnosne kacige i komponente 1.



Slika 35. Prikaz spoja kacige i komponente 1 u presjeku

Razradom oba koncepta i njihovih komponenti se nemože sa sigurnošću zaključiti koji je bolji pri obavljanju svoje zadaće. Oba koncepta bi trebala zadovoljavati zadane funkcijske i konstrukcijske zahtjeve no njihova izvedba govori kako bi prvi koncept bio više primjenjiv pri nekim aktivnostima terenske vožnje kao npr. motocross utrke. Svojom izvedbom putem sistema remena se jednostavno može spojiti sa oklopima gornjeg trupa koji se obično koriste pri takvim aktivnostima. Takve aktivnosti se obično provode u toplijim klimama i izvedba koncepta 2 sa prslukom bi samo zadavala nelagodu pri višim temperaturama. Vizualni dojam koncepta 1 još dodatno povlači takvu uporabu jer izgledom podsjeća na motocross ovratnike.

Kako koncept 1 daje prvi dojam kako bi se mogao koristiti pri terenskoj vožnji, jednako tako koncept 2 daje dojam kako bi se mogao koristiti pri vožnji na asfaltiranim cestama u svakodnevnom životu ili natjecateljskim događajima. Izvedba sa prslukom se može jednostavno kombinirati sa sigurnosnom opremom koja se koristi za takav stil vožnja. Dodatno bi se moglo proširiti cijeli uređaj tako da proizvod zahvaća sigurnosnu jaknu zajedno sa razvijenim sustavom za zaštitu glave i vrata.

Teorijska razrada proizvoda ovdje završava, sve sljedeće korake daljnjeg razvoja je potrebno potkrijepiti ispitivanjima. Za slučaj simulacija se može napraviti 3D model u određenom CAD paketu. CAD model se ujedno može koristiti i kao sredstvo za proizvodnju prototipa pošto tehnologija 3D printanja postaje sve više pristupačnija.

5. ZAKLJUČAK

Rad je strukturiran u četiri glavna poglavlja. Prvo poglavlje analizira trenutno stanje uređaja za zaštitu glave i vrata kako bi ustanovili opće prednosti i nedostatke uređaja i tako postavili potrebne konstrukcijske zahtjeve. Drugo poglavlje analizira anatomiju, fiziologiju i biomehaniku glave i vrata. Rezultat ove analize je postavljanje funkcionalnih zahtjeva budućeg uređaja. Nadalje u sljedećem poglavlju se preuzimaju dobiveni funkcionalni i konstrukcijski zahtjevi kako bi se formirala funkcijska struktura i morfološka matrica mogućeg koncepta uređaja za zaštitu glave i vrata. Zadnje poglavlje koristi rezultate dobivene morfološkom matricom gdje se putem kombinacije parcijalnih rješenja formiraju dva moguća koncepta koji predstavljaju inovativno rješenje na području zaštite glave i vrata vozača motocikla.

Svi uređaji koji su se istaknuli na tržištu zaštite glave i vrata nisu uspjeli ostvariti tražene zahtjeve kako bi osigurali dovoljno efektivno i popularno rješenje za jednu od skupina koja posjeduje visoki rizik ozlijeda glave i vrata. Ta skupina su vozači motocikla kojoj se kao dodatak još mogu pridodati druge skupine koje se bave sličnim rizičnim aktivnostima a pritom nemaju mogućnost osiguranja putem sigurnosnih pojaseva. Rezultat analize tržišta je pokazalo kako svi obrađeni uređaji ako nemaju komplicirani način postavljanja na vozača znatno umanjuju slobodu gibanja glave i vrata, što se pokazalo kao glavni zajednički nedostatak svih uređaja. Takvo trenutno stanje tržišta nam otvara priliku kako bi razvili uređaj za zaštitu glave i vrata vozača motocikla koji se bitno razlikuje od ostalih uređaja trenutno na tržištu.

Razmatrali smo anatomiju i biomehaniku gibanja glave i vrata kako bi mogli ustanoviti situacije pri kojima dolazi do ozlijeda ljudske kralježnice tokom nesreća. Analiziranjem mehanizama ozlijeda i provedenih istraživanja se uspostavljaju granične amplitude kretnji i naprezanja koji su potrebni pri razvoju budućeg uređaja za zaštitu glave i vrata.

Formiranje konstrukcijskih i funkcionalnih zahtjeva je izravan rezultat analize tržišta i analize anatomije glave i vrata.

Konstrukcijski zahtjevi:

- Neometena sloboda gibanja glave tijekom nošenja uređaja
- Jednostavan način postavljanja uređaja
- Minimizirati moguće ozlijede drugih dijelova tijela vozača tijekom nesreće
- Optimalno prigušenje svih mogućih naprezanja koje mogu dovesti do ozlijede glave i vrata
- Prilagoditi uređaj što većem broju korisnika sa različitim opsezima tijela
- Težiti što je moguće nižoj masi uređaja

Funkcionalni zahtjevi:

- Maksimalni kut pri ekstenziji: 60°
- Maksimalni kut pri fleksiji: 60°
- Maksimalni kut pri rotaciji: 65°
- Maksimalni kut pri bočnom savijanju: 70°
- Maksimalni fleksijski zakretni moment: 50 Nm
- Maksimalni zakretni moment pri bočnom savijanju: 40 Nm

Ti zahtjevi nam daju smjernice putem kojih formiramo funkcijsku strukturu mogućeg uređaja a nakon toga i morfološku matricu. Analizom morfološke matrice pronalazimo koncepte putem kombiniranja parcijalnih funkcija i u ovom slučaju rezultat su dva različita koncepta.

Nadalje svi rezultati dobiveni iz provedenih analiza su potrebni kako bi mogli predstaviti koncept koji zadovoljava sve zahtjeve dobivene prethodnim analizama. Rezultat ovog rada su dva legitimna koncepta od kojih svaki ima svoje područje primjene za koje je optimalan. Po svojim izvedbama su oba koncepta slična ali postoji razlika između izvedbe komponente zadužene za pričvršćivanje na korisnika.

Ovim radom je postavljen temelj za konstrukciju inovativnog uređaja za zaštitu glave i vrata vozača motocikla kojim se može drastično povećati sigurnost u motosportu i svakodnevnom životu. Vožnja motociklom je i dalje jedna jako rizična aktivnost, pa ako postoji prilika smanjiti taj rizik svakako bi bilo potrebno ju iskoristiti.

Literatura

- [1] <http://www.catchfence.com/8872/the-history-of-the-hans-device-as-told-by-dr-bob-hubbard>, 15.11.2016.
- [2] https://en.wikipedia.org/wiki/HANS_device, 01.11.2016.
- [3] <http://www.espn.com/racing/news/story?id=2928491&series=2>, 15.11.2016.
- [4] http://www.flamecrusher.com/upload/images/product/hybrid-rage-both_lg.jpg, 1.11.2016
- [5] <http://www.outlawraceparts.com/images/products/secondary/1517.jpg>, 01.11.2016
- [6] http://www.jjcraceandrally.com/oncirrus/3/image/product/zoom/0123456789/0123456789/spa_collar-blk-04.jpg, 01.11.2016.
- [7] http://www.mx-power.eu/WebRoot/Store15/Shops/62257884/4BC3/1591/C110/BB56/6717/C0A8/28BE/F505/PROGRIP_5920_neck_Brace._176_.jpg, 01.11.2016.
- [8] http://www.ridinginthezone.com/wp-content/uploads/2014/09/Ken_Leatt_STX-RR-cropped.jpg, 01.11.2016.
- [9] <https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/236x/ea/13/94/ea13947f97a9926c2382d3275547fc4f.jpg>, 01.11.2016.
- [10] https://en.wikipedia.org/wiki/Cervical_vertebrae
- [11] <http://www.intechopen.com/books/theoretical-biomechanics/biomechanics-of-the-neck>, 01.11.2016.
- [12] Biomechanical assessment of head and neck movements in neck pain using 3D movement analysis, Umea, 2008.
- [13] https://en.wikipedia.org/wiki/Basilar_skull_fracture, 05.11.2016.
- [14] [https://en.wikipedia.org/wiki/Whiplash_\(medicine\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Whiplash_(medicine)), 01.11.2016.